



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía

Trabajo Fin de Grado

**ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA LAS
MÁNFORAS. ÁLIVA, PICOS DE EUROPA, CANTABRIA.**

Analysis of the current situation of Las Mánforas Mine.

Áliva, Picos de Europa, Cantabria

Para acceder al título de:

Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos

Directora: Gema Fernández Maroto

Autor: Saúl Fuentevilla Haya

Convocatoria: septiembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, siempre, por ser la fuerza que impulsa mis ganas y estas palabras. Todo lo bueno en mí comenzó con ella. Eternamente en deuda.

A mi padre, por todas las lecciones directas o indirectas. Fue la vida quien nos obligó a ser, y allá donde estés sé que no perderás la vista a mis pasos.

A mis hermanos, mis otros dos padres. La vida es todo lo mala que se lo permitas. Gracias por el ejemplo.

A mis sobrinas, que ojalá compartan la pasión que hoy siento yo entre los pastos altos y las alturas en forma de montañas.

A mi familia, tanto de sangre como aquellas con las que compartí camino, en la universidad y en la vida. Me hicieron aprender y valorar, y ayudaron a generar todos los recuerdos alegres.

A Manuel, David, Diego, Sergio, Alberto, Manuel, Ricardo, Andrés, Javi, Bruno, Pablo. Por ser hogar y hombro en cualquier rincón del planeta. Juntos en la distancia, somos las lágrimas dulces.

A Raquel, por compartir cicatrices y abrazos, y aportar la emoción a la vida. Este esfuerzo también es suyo.

A Víctor, él es todas aquellas montañas de la vida que superé. Por todo lo aprendido y por transmitir la pasión a este trabajo.

A Jesús, por recoger con ilusión todos los pedacitos de cada persona que encontró por el camino y ser la primera mano en ser tendida.

A Gema, por el trabajo compartido y por permitir que tuviera la opción de acabar esta etapa única de la forma en que deseé, disfrutando.

A todos aquellos profesores y personal de la universidad que enseñaron materias y vida.

A Antonio Javier Lucio Calero, por permitir la toma de datos en campo en esa maravilla que es el Parque Nacional Picos de Europa. Luchemos por mantenerlo.

ÍNDICE

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. LA MINERÍA EN LA SOCIEDAD	15
1.2. IMPACTOS DE LA MINERÍA Y SU DESARROLLO	15
1.3. LA MINERÍA EN PICOS DE EUROPA	16
1.4. LAS BALSAS DE ESTÉRILES Y SUS POTENCIALES RIESGOS	20
2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	23
2.1. OBJETIVOS	24
2.2. JUSTIFICACIÓN	24
3. ESTADO DEL ARTE	25
3.1. HISTORIA Y ESTADO ACTUAL DE LAS MINAS DE ÁLIVA	26
3.1.1. Los inicios de la minería	26
3.1.2. La romanización en Picos de Europa	27
3.1.3. Las iniciativas legales	27
3.1.4. El beneficio del cinc en los primeros compases de la actividad	28
3.1.5. Desde la crisis y período de la guerra civil al cese de la actividad	32
3.1.6. Descripción de la situación durante el período de actividad, por Gonzarlo Pardo de Santayana	35
3.1.7. Infraestructura minera en Las Mánforas	36
3.1.8. Métodos de explotación	37
3.1.9. Equipamiento minero	38
3.1.10. Tratamiento del mineral extraído	40
3.1.11. Niveles de producción y reservas	41
3.1.12. Situación del personal de las minas	42
3.1.13. El transporte del material	43
3.1.14. Costes de la explotación minera	44
3.1.15. La Mina Las Mánforas en la actualidad	45
4. ÁREA DE ESTUDIO	46
4.1. LOCALIZACIÓN	47
4.1.1. Situación	47

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

4.2.	MARCO GEOLÓGICO	55
4.2.1.	Estratigrafía	57
4.2.2.	Tectónica	59
4.2.3.	Metamorfismo y metasomatismo.....	60
4.2.4.	Geología del yacimiento de Áliva	61
4.2.5.	Mineralizaciones	62
4.2.6.	Influencia de la geoquímica en las mineralizaciones	63
4.2.7.	Características metalogenéticas.....	63
5.	METODOLOGÍA	65
5.1.	CARTOGRAFÍA Y CUBICACIÓN: ORTOFOTO, GPS Y AUTOCAD.....	66
5.2.	TOMA DE DATOS EN CAMPO	67
5.3.	ENSAYOS	70
5.3.1.	Determinación de la humedad.....	71
5.3.2.	Determinación de la granulometría	72
5.3.3.	Cálculo de la densidad mediante picnómetro.....	75
5.3.4.	Cálculo de la porosidad e índice de poros.....	76
5.3.5.	Cálculo de la capacidad de retención del agua	79
5.3.6.	Otros ensayos	80
5.4.	ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE LA ELIMINACIÓN DEL DIQUE	82
5.4.1.	El paisaje y su estudio	82
5.4.2.	Alteración del paisaje por efecto minero.....	83
5.4.3.	Zonas de impacto visual	83
5.4.4.	Cuestiones ambientales en escombreras.....	84
5.4.5.	Usos potenciales del suelo	84
5.4.6.	La revegetación como foco principal de uso.....	85
6.	RESULTADOS	89
6.1.	RESULTADOS DE LOS VALORES DE HUMEDAD	90
6.2.	RESULTADOS DE LAS GRANULOMETRÍAS	91
6.3.	RESULTADOS DE LA DENSIDAD CON PICNÓMETRO	92
6.4.	RESULTADOS DE LA POROSIDAD	93
6.5.	RESULTADOS DE LA RETENCIÓN DE AGUA	94

6.6.	RESULTADOS DEL ENSAYO: REACCIÓN CON HCl DILUIDO AL 10%.....	95
6.7.	RESULTADOS DEL ENSAYO: ESTUDIO AL MICROSCOPIO DINO LITE.....	96
6.8.	RESULTADOS DE LA CUBICACIÓN	98
6.9.	ANÁLISIS DE LA RESTAURACIÓN	98
6.10.	HIPÓTESIS DE REVEGETACIÓN	100
6.10.1.	Factores climáticos que considerar.....	101
6.10.2.	Factores topográficos que considerar.....	103
6.10.3.	Análisis y solución para problemas del terreno por efecto de la Mina.....	103
6.10.4.	Selección de la especie vegetal.....	104
6.10.5.	Brachypodium retusum como opción definitiva.....	105
6.10.6.	Implantación de la vegetación	106
6.10.7.	Presupuestos generales	108
7.	CONCLUSIONES	111
7.1.	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	112
7.1.2.	Respecto al valor histórico minero.....	112
7.1.3.	Respecto al estudio de humedad.....	113
7.1.4.	Respecto a los valores de densidad	113
7.1.5.	Respecto a las granulometrías	113
7.1.6.	Respecto a la retención de agua y porosidad	113
7.1.7.	Respecto a la reacción con HCl diluido al 10%.....	113
7.1.8.	Respecto al estudio con microscopio DINO LITE.....	114
7.1.9.	Respecto al estudio cartográfico y la cubicación	114
8.	BIBLIOGRAFÍA	115
9.	PLANOS	118

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICAS E ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1: Desde lo alto de los Invernales de Igüedri, el mirador permite apreciar la diferencia entre Cordillera Cantábrica, con sus densos bosques y cumbres verdes, con Picos de Europa, donde la caliza reina en el entorno. FUENTE: Elaboración propia.	17
Ilustración 1.2: Uno de los legados de la minería es la formación de caminos que hoy permiten disfrutar de la belleza de Picos de Europa. FUENTE: Elaboración propia.	19
Ilustración 1.3: El dique visto desde lo alto de la línea Juan de la Cuadra. FUENTE: Elaboración propia.....	21
Ilustración 1.4: La situación actual de las minas es de absoluto abandono e indiferencia, paisaje desolador. FUENTE: Elaboración propia.	22
Ilustración 3.1: Foto desde los cuetos de Cámara. El sector Peña Vieja - Juan de la Cuadra recoge la historia minera en el puerto. FUENTE: Víctor Puente.....	26
Gráfica 3.1: Evolución del precio del Cinc en el Mercado de Londres entre 1850 y 1936. FUENTE: Revista Minera, Revista BOCAMINA. Elaboración propia.	29
Tabla 3.1: Fechas de acontecimientos relevantes. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17	30
Ilustración 3.2: El entorno de Peña Vieja - Juan de la Cuadra muestra un pasado histórico minero. FUENTE: Elaboración propia.	32
Ilustración 3.3: Vista de la canal de Vidrio desde la mina Las Mánforas, donde se puede apreciar la cicatriz de la explosión Kachinski a la derecha de la canal. FUENTE: Elaboración propia.....	33
Ilustración 3.4: Reparto de las concesiones entre los años 50 y 60. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17	34
Tabla 2.2: Empresas propiedad de las minas de las Manforas. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17	34
Ilustración 3.5: Sección de labores en la mina de Las Mánforas. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17	36
Tabla 3.3: Composición del todo-uno de Áliva. Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17	40
Gráfica 3.2: Representación de las toneladas/año producidas a lo largo del período de actividad. Elaboración propia.	41
Gráfica 3.3: Producción bruta en la última etapa de la Mina de Áliva. FUENTE: AZSA. Elaboración propia.....	42

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

Ilustración 3.6: Hoy día, la pista de acceso al puerto de Áliva desde Espinama es camino transitado por todo tipo de vehículos. FUENTE: Elaboración propia.....	44
Ilustración 4.1: Mapa general de Cantabria. FUENTE: Mapas de Google.	47
Ilustración 4.2: Mapa de la región de Liébana. Se aprecia la zona del PNPE comprendida en Cantabria, resaltada en tonos blancos. FUENTE: Mapas de Google.	47
Ilustración 4.3: Itinerario a realizar entre la Escuela y Espinama. FUENTE: Mapas de Google.....	48
Ilustración 4.4: Inicio del sendero PR que conecta el pueblo de Espinama con el puerto de Áliva. FUENTE: Elaboración propia	49
Ilustración 4.5: La pista, sin pérdida ni desvío alguno, presenta muros de refuerzo antiguos y la posibilidad de hacer el itinerario en coche. FUENTE: Elaboración propia.....	49
.....	50
Ilustración 4.6: El bosque se abre conforme el trayecto se acerca a los invernales de Igüedri, cabañas que sirven para albergar al ganado y el pasto durante el invierno. Ya, la parte final de la subida. FUENTE: Elaboración propia.	50
Ilustración 4.7: Entrada al puerto de Áliva, por el portillo del Bosquejón. FUENTE: Elaboración propia.....	51
Ilustración 4.8: Foto ilustrativa de la magnitud del puerto. Las nubes sobre Peña Vieja y el sector Juan de la Cuadra. FUENTE: Elaboración propia.	51
Ilustración 4.9: Al este, entre las nubes, el collao Cámara, de donde provienen las torres de tensión que alimentaban la mina. FUENTE: Elaboración propia.....	52
Ilustración 4.10: En la bifurcación que hay que coger hacia la izquierda, se aprecian los restos mineros y la dirección que toma el tendido eléctrico. FUENTE: Elaboración propia.....	52
Ilustración 4.11: Llegada a la Mina Las Mánforas, con los barracones y el dique en foto. FUENTE: Elaboración propia.....	53
Ilustración 4.12: Foto desde la pista por el acceso desde Fuente Dé. FUENTE: Elaboración propia.....	53
Ilustración 4.13: Mapa geológico del entorno de los puertos de Áliva. FUENTE: Guía geológica del PNPE, IGME	55
Ilustración 4.14: Encuadre geológico general y localización regional de los yacimientos de Áliva en el contexto de la Zona Cantábrica del macizo Hercínico Ibérico. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17	56

Ilustración 4.15: Corte geológico según Schulz (1858). FUENTE: La minería en los Picos de Europa (Luque y Gutiérrez, 2000)	57
Ilustración 4.16: Columna estratigráfica en el yacimiento de Áliva. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17	58
Ilustración 4.17: Edades basadas en la escala de tiempos geológicos. FUENTE: Geological Society of America (2009).....	60
Ilustración 5.1: Sobre la balsa de estériles. FUENTE: Elaboración propia.....	67
Ilustración 5.2: En la foto, ejemplo de las bolsas de muestras etiquetadas con el número correspondiente. FUENTE: Elaboración propia.	68
Tabla 5.1: Muestras y masas de estas. FUENTE: Elaboración propia.....	69
Tabla 5.2: Coordenadas UTM de las muestras. FUENTE: Elaboración propia.....	69
Ilustración 5.3: Muestra en el mapa con diferentes sistemas de coordenadas. FUENTE: mapas.cantabria.es.....	69
Ilustración 5.4: Balanza de precisión que se usará durante todos los ensayos. FUENTE: Elaboración propia.....	70
Ilustración 5.5: Vajillas y cacillos para la manipulación de cada muestra. FUENTE: Elaboración propia.....	71
Tabla 5.3: Masas de las vasijas y de las muestras antes y después del secado en estufa. FUENTE: Elaboración propia.....	72
Ilustración 5.6: Tabla de tamices donde se pueden comprobar aquellos regidos por regla ASTM USA. FUENTE: Núñez, C. (2007).	73
Ilustración 5.7: Los tamices colocados, simplemente es encender y configurar tiempo y velocidad. FUENTE: Elaboración propia.	74
.....	74
Ilustración 5.8: Los folios de cada tamiz con los gramos acumulados en cada uno, previo paso hacia el pesado posterior. FUENTE: Elaboración propia.	74
Tabla 5.4: Tamaño de las muestras añadidas al picnómetro. FUENTE: Elaboración propia.....	75
Ilustración 5.9: Foto del picnómetro con la muestra y el agua añadido. FUENTE: Elaboración propia.....	76
Ilustración 5.10: En la foto, la probeta con la muestra de suelo sobre la balanza de precisión. FUENTE: Elaboración propia.	78

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

Ilustración 5.11: La muestra número 2, junto al sistema recipiente-embudo una vez ya ha filtrado el agua durante un día. FUENTE: Elaboración propia.....	80
Ilustración 5.12: Foto del microscopio DINO LITE. FUENTE: Elaboración propia.....	81
Tabla 5.5: Usos potenciales del suelo. FUENTE: Coppin y Bradshaw, 1982.....	85
Tabla 5.6: Tabla de especies vegetales en función de los usos de suelo. FUENTE: Willianson et al., 1982.	85
Tabla 5.7: Importancia relativa de los factores geoambientales en la determinación del uso adecuado de terrenos. FUENTE: Clar y Ramani, 1986.....	87
Tabla 5.8: Importancia relativa de los factores culturales en la determinación del uso adecuado de terrenos. FUENTE: Clar y Ramani, 1986.	88
Tabla 6.1: Tabla de valores de muestras antes y después del secado. FUENTE: Elaboración propia.....	90
Tabla 6.2: Valores de humedad de las muestras. FUENTE: Elaboración propia.	90
Tabla 6.3: Valores de las granulometrías de cada muestra. FUENTE: Elaboración propia.	91
Gráfica 6.1: Curvas de granulometría de cada muestra. FUENTE: Elaboración propia.	91
Tabla 6.4: Tabla de medidas necesarias para el método por picnómetro. FUENTE: Elaboración propia.....	92
Gráfica 6.2: Valores de densidad hallados. FUENTE: Elaboración propia.	92
Tabla 6.5: Tabla de valores de densidad y porosidad. FUENTE: Elaboración propia.	93
Tabla 6.6: Tabla con valores de índice de poros respectivos. FUENTE: Elaboración propia.....	93
Tabla 6.7: Tabla de porcentajes de agua filtrada. FUENTE: Elaboración propia.	94
Gráfica 6.3: Comparación de retención de agua frente a porosidad, por muestra y en porcentaje. FUENTE: Elaboración propia.	94
Ilustración 6.8: Foto de la muestra 3, sin HCl. Fuente: Elaboración propia.....	95
Ilustración 6.9: Muestra con HCl diluido al 10%, sufriendo el proceso de efervescencia. FUENTE: Elaboración propia.....	95
Ilustración 6.10: Fotografía al microscopio de la muestra 1. FUENTE: Elaboración propia.....	96
Ilustración 6.11: Fotografía al microscopio de la muestra 2. FUENTE: Elaboración propia.....	96

Ilustración 6.12: Fotografía al microscopio de la muestra 3. FUENTE: Elaboración propia.....	97
Ilustración 6.13: Fotografía al microscopio de la muestra 4. FUENTE: Elaboración propia.....	97
Tabla 6.8: Valores analíticos de la cubicación. FUENTE: Elaboración propia.....	98
Gráfica 6.4: Los taludes del dique entran dentro de lo establecido, en proporciones de 3:1 a 5:1. FUENTE: mapas.cantabria.es	99
Ilustración 6.15: Mapa de radiación solar en Picos de Europa. FUENTE: ADRASE.	101
Gráfica 6.5: Valores de precipitación en Picos de Europa. FUENTE: meteoblue	102
Gráfica 6.6: Valores de temperaturas en promedio. FUENTE: meteoblue	103
Tabla 6.8: Tabla de problemas y tratamiento para la revegetación de la presa de residuos. FUENTE: Elaboración propia.	104
Tabla 6.9: Presupuesto estimado de revegetación. FUENTE: Elaboración propia.....	110

1. INTRODUCCIÓN

1.1. LA MINERÍA EN LA SOCIEDAD

Considerada como el indicador de desarrollo de cualquier sociedad hoy en día, la actividad minera surgió como una de las actividades económicas primarias que distintas civilizaciones realizaron para la obtención de materiales que permitiesen el desarrollo de armas para cazar y defenderse, la edificación de las primeras viviendas o el hecho de producir fuego a través del choque entre dos rocas, supusieron la primera toma de contacto de la sociedad primitiva con el mineral y el descubrimiento de su uso potencial.

En la vida cotidiana humana se ha establecido una estrecha relación con los minerales, haciendo éstos acto de presencia en todos los sectores económicos e industria: construcción de viviendas, automoción, telecomunicaciones, fertilizantes en agricultura, instrumental médico y fármacos etc.

1.2. IMPACTOS DE LA MINERÍA Y SU DESARROLLO

Con el avance de la sociedad a lo largo de los últimos siglos se ha mejorado y potenciado la explotación de yacimientos. A través de distintas regulaciones gubernamentales se ha buscado la sostenibilidad en el sector, en cuanto a resolver el debate en el contexto de la influencia de ésta en el medio ambiente, y la seguridad y salud de los trabajadores involucrados en la actividad.

Estas dos últimas ideas se convierten en fundamentales para la optimización del sector a través de una continua investigación en materia de sostenibilidad y equipos de seguridad y salud que permitan seguir alargando la vida útil de la minería y haciendo posible la integración de la misma en el entorno sin una gran alteración medioambiental que suponga la eliminación de especies y deterioro del suelo allá donde se realice la labor.

Por una parte, el problema es con efecto medioambiental. Será la componente de una correcta gestión minera que analizaremos a lo largo de este trabajo.

En la minería existen diversos puntos en los que incidir de cara a una explotación lo más sostenible que podamos alcanzar, como recogimos en la asignatura de Impacto medioambiental de cuarto curso de este grado:

- Durante la obtención del recurso a través de la explotación con métodos como perforación y voladura, o durante el proceso de carga y descarga hasta la planta de tratamiento.
- En el tratamiento y gestión de residuos, por uso de estériles o emisiones a la atmósfera.

TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA. PICOS DE EUROPA. CANTABRIA

- En el sostenimiento, para que las excavadoras no se derrumben en el frente de explotación.
- En el consumo de recursos y productos durante el proceso: agua, energía, productos químicos.
- En la logística: parque de maquinaria, talleres con operaciones de mantenimiento, gestión de tóxicos, gestión de productos residuales con fin humano como agua residual y residuos sólidos domésticos.
- Transporte de los productos elaborados.
- Toda la actividad minera en mano de obra, beneficios económicos y sociales del entorno.
- Actuaciones de compensación de la propia actividad.

Es por tanto necesario un plan de restauración ambiental que permita volver a la situación inicial de calidad del ecosistema eliminando la causa de daño a través de actuaciones específicas definidas:

- Identificar y comprender las interacciones entre los espacios degradados y su entorno.
- Establecer planes de gestión y actuación que minimicen los impactos durante y después de la explotación minera.
- Maximizar el aprovechamiento y la integración ecológica del espacio degradado para favorecer la biodiversidad.

1.3. LA MINERÍA EN PICOS DE EUROPA

Este gran macizo calizo que sobresale entre las montañas de la cordillera cantábrica fue durante mucho tiempo foco de las empresas mineras, debido al potencial innegable y a la majestuosidad que presentan estas grandes cumbres grisáceas que hacen de miradores de las tres comunidades autónomas a las que pertenecen.

Para todo amante de la montaña que haya dedicado tiempo a buscar senderos y sienta curiosidad como costumbre innata en los períodos de tiempo que haya disfrutado allá arriba, Picos de Europa se convierte en un rincón de meditación y felicidad casi única, una vía de escape de rutinas y quehaceres humanos. Debido a ello ha sido, es y será siempre lugar de peregrinaje de cuerpo y mente de mucha gente, con el deseo y la necesidad de acudir como constante aprendizaje y desarrollo personal.

Maravillado desde el primer día por lo imponente del paisaje, posiblemente debido al sentimiento hogareño que todas las personas sienten una vez se alejan de casa, el macizo de Ándara u Oriental resultó para muchos de nosotros siempre el más llamativo. Comúnmente el más olvidado de los tres, esa combinación entre hierba y caliza agreste

tan salvaje le confiere una belleza única y, junto a la facilidad de encontrarse totalmente solo, le dan el encanto que hace que mis viajes siempre prefieran ese destino.



Ilustración 1.1: Desde lo alto de los Invernales de Igüedri, el mirador permite apreciar la diferencia entre Cordillera Cantábrica, con sus densos bosques y cumbres verdes, con Picos de Europa, donde la caliza reina en el entorno. FUENTE: Elaboración propia.

Este Parque Nacional de Picos de Europa, el más grande de España con 64.660 ha [12] está dividido entre Castilla y León, Asturias y Cantabria, siendo ésta última la que menor porcentaje de las tres se reparte del mismo. En el apartado administrativo, ocupa 10 concejos diferentes:

- Amieva, Cangas de Onís, Onís, Cabrales y Peñamellera Baja en Asturias.
- Tresviso, Cillorigo de Liébana y Camaleño en Cantabria.
- Posada de Valdeón y Oseja de Sajambre en Castilla y León.

A su vez, la división del parque se establece en tres macizos principales separados por las gargantas de los Ríos Duje y Cares:

- Macizo del Cornión u Occidental, entre Asturias y Castilla y León.
- Macizo de los Urrieles o Central, repartido entre las tres comunidades.
- Macizo de Ándara u Oriental, perteneciente enteramente a Cantabria.

La explotación minera tuvo lugar entre mediados del siglo XIX y XX, con un beneficio grande que sirvió de motor de desarrollo de todas las poblaciones cercanas, incluso generando nuevos núcleos como el caso de Sotres, en Asturias. Según Luque (2000), los

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

metales obtenidos fueron manganeso y hierro en el Cornión, cinc y plomo en Los Urrieles y Ándara; en las zonas limítrofes, recoge, también se dieron afloramientos de cobre, cobalto, níquel, mercurio, bario y flúor.

A su vez, importante resaltar que, por “curiosidad geológica”, y por la gran altitud a la que se establecían las explotaciones mineras, es que las mismas se encontraban generalmente en parajes con “vestigios del glaciario cuaternario”, como Lagos de Covadonga o los valles glaciares del Duje y Deva, donde en los puertos de Áliva aún es apreciable la gran morrena glaciar denominada Llomba del Toro, de 4 kilómetros de longitud. [11]

Esta actuación minera ha dejado un legado importante en el entorno, en forma de accesos principalmente y prosperidad económica que ha permitido al Parque Nacional de los Picos de Europa convertirse tanto en un atractivo turístico innegable como en los retazos de un pasado no tan lejano que nos permite apreciar y valorar un trabajo tan costoso como necesario como es la minería. En esta localización que atañe este trabajo, generalizando a todo el Parque, se hace más visible debido a las condiciones meteorológicas adversas y la dificultad del transporte. Por ello, y tras el esfuerzo de aquella gente que vino antes, existe hoy en día la posibilidad de realizar senderismo por la canal de los tornos mineros (llamada Canal del Embudo) en Fuente Dé, subir a los puertos de Áliva desde Espinama por los invernales de Igüedri o, sin ir más allá, acercarnos a todo el corazón del valle de Liébana a través de la carretera del Desfiladero de la Hermida, antigua carretera minera que sirvió para bajar el mineral a puerto.



Ilustración 1.2: Uno de los legados de la minería es la formación de caminos que hoy permiten disfrutar de la belleza de Picos de Europa. FUENTE: Elaboración propia.

Por otra parte, y también consecuencia directa de la actividad minera, se hace presente toda la alteración ambiental causada en Picos de Europa. La modificación de los Puertos de Áliva debido a la infraestructura necesaria y al conjunto de minas que allí trabajaban, el aspecto hoy día de la canal del Vidrio, la presencia de elementos minerales en el fondo del río Duje o la desaparición del lago de Ándara por desecación hacen patente una actividad humana que, debido a ser zona de especial protección medioambiental, sería imposible hoy de hacer funcionar. Y es aquí donde reside el aspecto fundamental de este trabajo y la necesidad de realizar cualquier estudio por mínimo que sea de un cambio de perspectiva, con la única pero imperiosa necesidad de recuperar y luchar por aquello que una vez nos hizo sobrevivir: el medio ambiente.

Como persona que disfruta del medio y se siente concienciada es parte de todos y cada uno de nosotros, como seres humanos, llegar a comprender esta problemática, aportar nuestra capacidad y deseo de recuperar y preservar algo que es tan bonito como necesario. Bajo los fundamentos de un desarrollo sostenible, comienzo este trabajo con la ilusión y el deseo de encontrar una respuesta, más o menos efectiva, que permita ayudar a solventar y mejorar el entorno de la Mina de Las Mánforas, lugar ya en desuso que necesita devolver al medio ambiente todo lo que un día disfrutó.

1.4. LAS BALSAS DE ESTÉRILES Y SUS POTENCIALES RIESGOS

Estas estructuras son propias de cada mina y suponen el lugar para el almacenado permanente de estériles sólidos y retener el contenido líquido propio de aquel material mineral procedente de la planta de tratamiento, en este caso el lavadero de la Canal de Vidrio. Un punto que considerar a la hora de crear dichos cuerpos volumétricos es el de contener sustancias tóxicas presentes en el agua para permitir la degradación de las mismas o la evaporación con la propia agua.

Por contextualizar, las presas de residuos tienen una serie de diferencias marcadas con las presas de tierra/escolleras, recogidas por el Instituto Tecnológico Geominero de España (1989):

- Este tipo de presas, de residuos, almacenan tanto sólidos como líquidos.
- Dichos residuos se utilizan frecuentemente como material de construcción para el dique de la presa.
- Las presas se construyen por etapas siguiendo el desarrollo de operaciones de la explotación.
- Se dan procesos de transformación en la presa conforme cambia el método de tratamiento del residuo.

Considerando la situación de la presa de la Mina de Las Mánforas (formado en algún momento no recogido entre 1956 y 1988, años en que se posee fotos de la zona), no es descabellado pensar en que se eligió dicha ubicación de la presa por condiciones topográficas favorables y cercanía a la zona de tratamiento. Ni la cercanía a las instalaciones y el potencial peligro de tener una estructura así tan próxima, ni el cuidado de las afloraciones de agua que hay en el entorno de Peña Vieja-Juan de la Cuadra (río Duje, por ejemplo) ni un plan previsto de restauración del terreno han sido óbice, si quisiera considerarse de tal manera vigilar y preservar el desarrollo sostenible, para la realización de una balsa que hoy día muestra signos de evidente fatiga, tanto por el movimiento propio de los climas alternos extremos como por los años que lleva soportando el dique.



Ilustración 1.3: El dique visto desde lo alto de la línea Juan de la Cuadra. FUENTE: Elaboración propia.

Considerando los factores locales que afectan al proceso de desarrollo de una balsa de estériles, otra forma de nombrar a las presas de residuos, y ciñendo esta clasificación a la balsa de esta mina analizada se puede decir que, habiendo sido presenciado in situ y sin información de plan de creación: [13]

- **Topografía:** Bajo el factor de la topografía, y teniendo en cuenta lo escarpado del terreno y la altitud del mismo, se realizó un dique perimetral aprovechando un área de unos 17.000 metros cuadrados con apenas ningún tipo de pendiente, considerando la situación de aguas abajo en la que se encontraba en el momento de creación para la colocación de sucesivos diques de menor tamaño siguiendo el cauce propio del agua. Dichos diques, apenas nada comparados al dique inicial, suponen pequeños saltos de agua para la limpieza de esta y la concentración del residuo entre ellos. Para minimizar efectos de la erosión, su colocación se justifica al inicio de la cuenca de recepción.
- **Tamaño:** En el caso del tamaño, probablemente fuera condicionado por la disponibilidad de terreno cercano debido a la orografía como aspecto fundamental, pues condicionantes como la restauración posterior o el precio de terrenos no se tuvieron en cuenta en un tiempo comprendido entre 1956 y 1988, mapas disponibles de la zona sin puntos entre medias.
- **Geología y sismicidad:** Geológicamente hablando, no es una zona de seísmos que obligue a suponer situaciones dinámicas que alteren el comportamiento de los sólidos que puedan producir un accidente fatal, pero sí la disposición, el clima y el material de escorrentía. No es casualidad la formación del mismo al

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

pie de la pista ya existente previamente, ni con más metros de margen respecto a la escudidera que supone la Canal de Vidrio en comparación a la mina.

- Permeabilidad: Sí hay que tener en cuenta el factor de permeabilidad para la construcción, aspecto que se abordará en el ensayo correspondiente más adelante en el presente trabajo. Las áreas localizadas de menor permeabilidad son mejores la reducción de vertido al entorno.

En un terreno tan accidentado los lugares donde poder formar una construcción así son difíciles de encontrar, y a pesar del riesgo inevitable que supone tener un cuerpo tal, así como potenciales roturas de diques, las sucesivas compañías mineras que allí trabajaron no recogieron planes ni de seguridad ni ambientales que controlasen las condiciones del mismo, al menos desconocidos dichos planes hasta el momento de realización de este trabajo.

Es en el punto medioambiental donde confluyen la curiosidad propia del amor por la montaña, el estado actual de las minas y su influencia en el ecosistema que compone esta explotación ya olvidada a su suerte, como si la minería fuera un viejo error que nunca sucedió.



Ilustración 1.4: La situación actual de las minas es de absoluto abandono e indiferencia, paisaje desolador. FUENTE: Elaboración propia.

2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo consta del estudio de la situación actual de la Mina Las Mánforas, en Picos de Europa, desde el punto de vista histórico y su influencia socioeconómica, como la realización de ensayos para la caracterización de su presa de residuos aún existente y la realización de una cubicación que permitirá estimar valores numéricos extrapolables, otorgando una alternativa a uno de los elementos más importantes de la antigua mina.

Es inevitable entender el desarrollo económico sin el beneficio del mineral como es inevitable asociar dicha industria a la alteración grotesca del paisaje y por ende del ecosistema que vaya a ocupar. Desde este punto de vista de conservación del medio ambiente, esclarecer la composición mineral y actuar conforme a la hoja de resultados es la ruta que seguir desde el primer momento, siendo necesario lograr alcanzar una solución al estudio o estudios que se realicen para implantar nuevas medidas alternativas que permitan la acción correspondiente más acertada y eficaz, sin tratar de alterar más el medio que ocupa y con la vista puesta en construir un ejemplo de gestión del residuo tras el ciclo de vida de una explotación minera.

Para todo esto se llevará a cabo, conjuntamente al estudio en campo de determinados ensayos en laboratorio, la estimación del volumen sobre el que actuar de cara a obtener conclusiones más cercanas a un plausible final. La solución depende el foco de actuación y sus características, siendo sus dimensiones una de las principales pues altera por completo la diferente medida que pueda establecerse.

Nada de lo que se pretende conseguir tendría sentido sin un estudio de la situación a pie de campo, conocidas las variables y el entorno de trabajo y la información ineludible que este nos pueda aportar.

2.2. JUSTIFICACIÓN

El motivo principal que lleva a la realización del presente trabajo es comprender y analizar la influencia minera en un entorno determinado. La importancia de esta labor extractiva en Picos de Europa lleva consigo numerosos estudios a lo largo de su historia para analizar, enjuiciar y mejorar todo aquello que envuelve a la minería: desde los volúmenes de prospección a la situación posterior al proyecto.

Es por tanto importante recabar todas aquellas soluciones o medidas que puedan hacerse para corregir un pasado histórico minero que no ha sido desmantelado de manera idónea, resultando en un entorno sensiblemente alterado que hoy día permanece sin solución.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1. HISTORIA Y ESTADO ACTUAL DE LAS MINAS DE ÁLIVA

3.1.1. Los inicios de la minería

Los primeros indicios de actividad minera en el entorno de Picos de Europa datan de la Edad de Bronce, entre 1500-200 años a.C. [7] Es el hombre prehistórico de la época el que empieza a aprovechar afloraciones de cobre en el macizo calizo, como muestra la prueba significativa encontrada en la Mina El Milagro, en Mestas de Con (Onís, Asturias), donde se encontraron restos humanos junto a diversos útiles de aplicación minera. Otros ejemplos significativos que verifican estas palabras son la presencia de herramientas derivadas del cobre, como puñales o arcos, en diversas cuevas de Asturias, lo cual garantiza un uso primitivo de la minería en zonas cercanas al lugar. Blas Cortina (1990) recoge el hecho casi probado de que la mayor concentración de objetos de la Edad del Bronce se da en lugares donde abundan trazas de este mineral, como es el caso del oriente de Asturias. [12] [17]

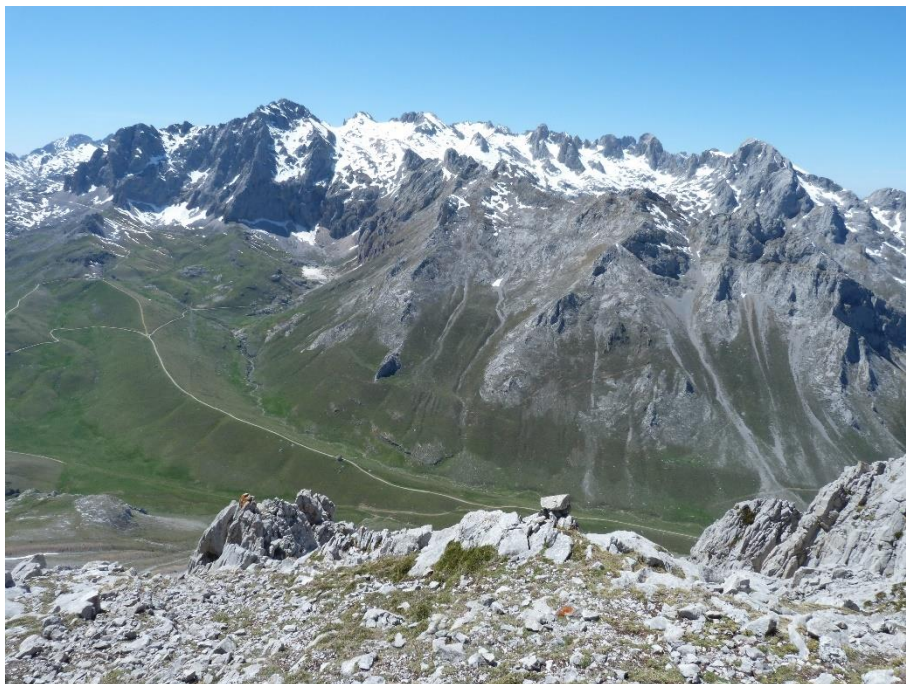


Ilustración 3.1: Foto desde los cuetos de Cámara. El sector Peña Vieja - Juan de la Cuadra recoge la historia minera en el puerto. FUENTE: Víctor Puente

3.1.2. La romanización en Picos de Europa

La ocupación romana de este entorno geográfico accidentado tuvo lugar tras la derrota de los Vadinienses (los pueblos cántabros y astures de la época) en el año 19 a.C en el Monte Vindio, recogido así por Estrabón y Orosio, después de un gran asedio en el entorno de los ríos Cares y Duje. Diversas poblaciones cercanas al macizo Oriental como Lon o Castro Cillorigo contaron con campamentos militares una vez conquistadas. La presencia queda confirmada con las abundantes lápidas con epigrafía halladas en Onís o Liébana, junto a la existencia de la localidad de Potes como núcleo urbano de aquella época. Aún sin evidencias mineras certeras de la época romana en Áliva, algunos historiadores como Plinio recogen la zona de Cantabria como zona de beneficio de galena y calaminas y fértil en bermellón (cinabrio). El descubrimiento de ánforas y broches en la Mina El Milagro junto a útiles mineros como se menciona en el apartado anterior, parecen indicar la continuidad en el tiempo de dichas labores, incluyendo la época romana, dada la costumbre del pueblo colonizador de volver a explotar mineralizaciones existentes ya trabajadas.

También, el reconocimiento de calzadas romanas en proximidades a trabajos mineros, como la denominada “Caoro” (“Caoru” en el entorno cabraliego) que unía Arenas de Cabrales en Asturias con Espinama, localidad cántabra por donde bajaban el mineral de las minas del puerto de Áliva. Esto se potencia una vez se recoge que las labores mineras se benefician de antiguos caminos y calzadas romanas que deciden reusar previa restauración. A pesar del desconocimiento del pueblo romano del cinc -descubierto por Paracelso en el siglo XVI e incluido como metal en el siglo XVIII-, realizaron concentraciones del mismo junto a cobre para la obtención vía fusión conjunta del latón, como indican fragmentos de crisoles y escorias en Asiego, Cabrales. [7]

3.1.3. Las iniciativas legales

Áliva y toda la zona de Picos de Europa fue foco de explotación minera durante casi 150 años en la edad contemporánea, influyendo enormemente en los concejos de alrededor y la economía, y en el paisaje del macizo.

Se realizan las primeras menciones documentales ya en 1557, cuando se recoge la existencia de una mina de oro y plata en el entorno inferior de Peña Vieja, zona de nuestro estudio. Más que oro al no haber existencia en el entorno, se cree que pudiera ser piritita o calcopirita. Algunos testimonios fueron recogidos en el Archivo General de Simancas, siendo el más antiguo uno de 1578, anónimo, cuyo texto deja escrito: *“...eldicho pedro buenodescandon nos hasuplicado lediesemos nueba licencia y facultad*

TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA. PICOS DE EUROPA. CANTABRIA

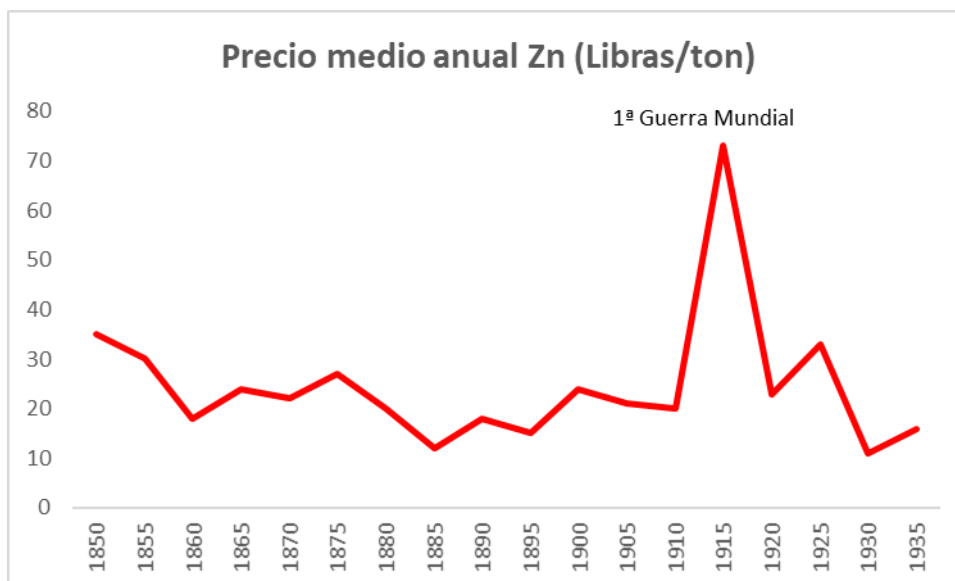
para que por su cuenta y riesgo pudiese labrar y beneficiar las dichas minas y otra que ha descubierto de plomo en un monte término del lugar de aliba o comolanra. mrd fuese lo que al visto por ellos. Contadores mayores fue acordado que no embargante que el dicho pedro bueno escandon nos había hecho donación de las dichas dos minas de dar licencia y facultad para labrarlas y beneficiarlas y la susodicha que agora Nuevamente ha descubierto en término del dicho lugar de aliba y dándole para este efecto en su carta eyo tubelo por bien por lo que damos Nueva licencia y facultad al dicho pedro bueno escandon para que siendo primer allador y descubridor de las dichas minas las labre y beneficie por término de treinta días...". Reproducción que se puede ver en Sanabria y García Álvarez (2005).

En 1584 se promulga la "Licencia general en España para buscar minas y explotárlas", y es tras esa fecha cuando se tiene constancia del registro y autorización de las primeras investigaciones para posterior laboreo en Picos de Europa.

A pesar de haber más referencias históricas durante los siglos XVI y XVII, no parece que fueran más allá que actuaciones efímeras, pues en la Ordenanza del Concejo de 1625 se prohíbe textualmente: "sacar ningún carro de piedra para fuera del Concejo". [18]

3.1.4. El beneficio del cinc en los primeros compases de la actividad

Oficialmente ya en 1856, tras una nueva norma de la Ley Minera en 1839, comienza la explotación minera en Picos de Europa tras conocer con prospecciones las grandes cantidades de cinc y plomo del entorno. De todas las minas, fue la de Las Manforas en Áliva, nuestra mina a estudiar, la más importante, explotada hasta 1989, por la sociedad "La Providencia" en su origen. También en la Canal de Vidrio, Duje, Marta Navarra, Puertos de Áliva y Horcadina de Covarrobres se realizaron explotaciones, todas ellas distintas concesiones otorgadas que trabajaban con un fin común. [18]



Gráfica 3.1: Evolución del precio del Cinc en el Mercado de Londres entre 1850 y 1936. FUENTE: Revista Minera, Revista BOCAMINA. Elaboración propia.

El desarrollo de la minería del cinc en las condiciones de Picos de Europa, y debido al pequeño volumen de los yacimientos, supuso una condición constante de dependencia de la evolución favorable de los precios de referencia en la bolsa internacional de metales. Queda reflejado en 1893 en la Revista Minera: *“Al precio actual del cinc metal de 17-18 libras/tonelada los minerales del 30% no valen más que 10 pesetas/tonelada, porque hay que recargarlos con 15-20 pesetas por gastos de transporte hasta los puertos de mar; y hemos de añadir además a esta cantidad los gastos de calcinación y almacenaje hasta reunir la cantidad necesaria para un cargamento, a fin de proceder entonces al embarque a la fundición de Arnao”*.

En los comienzos del siglo XX estaban en vigor y explotación las principales explotaciones de Áliva, repartidas por la “Real Compañía Asturiana de Minas” y la “Minero-Metalúrgica Montañesa”. El límite de separación lo establecía el río Duje; desde su cauce hacia la base de la sierra de Juan de la Cuadra, parte occidental, trabajaba la primera de ellas, mientras que hacia la parte oriental lo hacía “La Montañesa”. Las denuncias mutuas y pujanza de aquel entonces hicieron que varias concesiones pasaran a formar parte de las labores de una u otra compañía. [7]

La divulgación de todas estas actividades extractivas fue consecuencia de las reseñas precisas de Jean Marie Aymar d’Arlot de Saint-Saud, conde de Saint-Saud, quien realizó hasta ocho viajes a estas montañas, quien como geógrafo ilustre contribuyó a las primeras mediciones altimétricas y a la creación de la cartografía de la zona. Asimismo, dio a conocer las experiencias y pormenores mineros en sus escritos, amparándose en los conocimientos de los técnicos que allí trabajaban, investigación que realizó junto a su amigo Paul Labrousche.

Tabla 3.1: Fechas de acontecimientos relevantes. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17

FECHA	ACONTICIMIENTO RELEVANTE
ÉPOCA ROMANA	Vestigios de romanización en diversas minas (Pb-Zn-Hg) de Picos de Europa
1578	Referencia sobre la existencia de mineral de plomo en Áliva, en el Archivo de Simancas
1852	La “Sociedad la Providencia” inicia las actividades prospectivas en Áliva y Ándara
1854	La “Real Compañía Asturiana” descubre el yacimiento en Áliva
1856	Inicio de la explotación minera por la “Real Compañía Asturiana”
1860	La “Sociedad la Providencia” comienza los trabajos mineros
1864	Otorgamiento de explotación a la “Sociedad El Destino”
1870-75	Notable impulso del desarrollo minero en las mineralizaciones de Áliva
1895	Manuel Palacios Antón denuncia concesiones mineras en la zona
1913	Culmina el laboreo en Áliva la “Sociedad la Providencia”
1915	La “Cía. Minero-Metalúrgica Montañesa” reemplaza a la S. L.P.
1915	La Primera Guerra Mundial impulsa el desarrollo de las minas de Zn, Pb y Hg
1923	Comienzo de la explotación por la S. A. Picos (Palacios Antón)
1925	Máxima diversidad de grupos mineros trabajando en el entorno de Áliva
1927	Fuerte descenso del precio del cinc y cierres temporales
1929	Paralización y cierre de la actividad minera
1942	Reinicio de los trabajos por la M.M.M
1950	Gran voladura en la Canal del Vidrio (“explosión Kachinski”)
1953	Abandono de la M.M.M y clausura transitoria de las minas
1956	La “Sociedad Carbones de la Nueva” reanuda las labores
1957-60	Mejoras técnicas en la planta de concentración de Áliva
1967	La “Sociedad Minera Picos de Europa, S.A” releva a la S. C. L. N
1968	Hallazgo de importantes reservas en la Mina de las Manforas
1968-70	Notables mejoras en la mecanización de labores
1970	Impulso del laboreo e investigación minera en el sector de Áliva
1975	Reprofundización del pozo de las Manforas hasta alcanzar la planta 6ª
1977	Máximo histórico en la producción de cinc y plomo en Áliva
1981	Asturiana de Zinc, S. A. se hace cargo del beneficio minero
1985	Compra y explotación de la Mina de las Manforas por Fernández Balmori
1989	Cierre de la última mina de cinc de los Picos de Europa, Mina de las Manforas

La ubicación de las propias minas supuso, terreno montañoso y a 1580mts de altitud, una serie de problemas antes de la construcción de redes de transporte durante el período de dictadura posterior a la guerra civil:

- Por un lado, los inviernos duros no permitían trabajar todo el año. Se trabajaba durante el período de mayo-junio a noviembre.
- La lejanía respecto a los núcleos de población más cercanos (Espinama, Sotres) no permitía a los trabajadores ir y volver en el día y los abastecimientos eran complicados. Por tanto, se daban dificultades para encontrar mano de obra en los núcleos cercanos, debido a la obligación del desarraigo de sus vínculos rurales, recurriendo asiduamente a personal ocioso o huido de la justicia.
- La dificultad de transporte del mineral hasta Unquera, donde se embarcaba, encarecía notablemente el precio del producto.

Las condiciones de trabajo no animaban a desarrollar labores tan fatigosas y mortificantes, insuficientemente recompensadas con 8/10 reales por jornada. En dichas nóminas, algunos capataces incluían el gasto del aceite de alumbrado para evitar el despilfarro u ofrecían ingerir el propio aceite a los asalariados con tal de mitigar el hambre. Las técnicas extractivas primigenias, condiciones laborales subterráneas arduas, espacios limitados sin ventilación ni iluminación y enfermedades laborales fácilmente subsanables hoy día no remarcaban diferencia alguna con la explotación romana, salvo por la inclusión del uso de la dinamita que comenzaba a utilizarse. Los trabajos mineros en general de principios de siglo XX fueron superficiales y de escasa mecanización. Tornos, cabrestantes, cubas y canastos eran la tecnología de unas labores sin apenas planificación.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**



Ilustración 3.2: El entorno de Peña Vieja - Juan de la Cuadra muestra un pasado histórico minero. FUENTE: Elaboración propia.

Para reducir el efecto de estos problemas en los primeros compases de vida útil, se instalaron casetones para los mineros y se crearon caminos primitivos para el transporte de mineral con bueyes. Importante destacar la importancia del lavadero principal en la Canal de Vidrio donde se trataban los minerales de menor ley antes del transporte a Espinama. Eran triturados en molinos, lavados y concentrados en cribas de palanquín o cajones alemanes para facilitar su transporte. El mineral de alta ley se llevaba directamente al pueblo. [18]

Como ejemplo de importancia de estas explotaciones los datos de la "Estadística comercial e industrial de la provincia de Santander" en 1909, publicada por el Ministerio de Fomento. En ella se recoge que, en las minas objeto de análisis del trabajo, se obtuvo ese año 625,10Tm.

3.1.5. Desde la crisis y período de la guerra civil al cese de la actividad

Sin embargo, estos niveles de producción se veían muy afectados por la situación del mineral en el mercado mundial como antes se indicaba. En épocas en que el precio subía por necesidad, como la I Guerra Mundial, se aumentaba la producción debido a la mayor rentabilidad. En cambio, en épocas en que el precio del cinc, principalmente, bajaba, el alto costo del transporte reducía la rentabilidad de la explotación. Por esto mismo, dejaron de ser explotadas durante algunas temporadas, como desde 1927 con la crisis

internacional hasta finales de la guerra civil española. Es ya en 1942 cuando la Compañía Minero-Metalúrgica Montañesa, sucesora de La Providencia, retoma la explotación hasta 1953.

En este período es importante resaltar uno de los mayores errores de la historia minera de la zona: la explosión “Kachinski”, una gran voladura superficial con dos mil kilos de dinamita produjo una gran cicatriz en la Canal de Vidrio, además de un gran volumen de bloques acumulados en su base, entre los que se seleccionó el mineral de mayor contenido metálico para su concentración.



Ilustración 3.3: Vista de la canal de Vidrio desde la mina Las Mánforas, donde se puede apreciar la cicatriz de la explosión Kachinski a la derecha de la canal. FUENTE: Elaboración propia.

Pocos años después del abandono por la M.M.M, es la Real Compañía Asturiana de Minas quien en 1956 se hace cargo de la explotación, con su filial “Sociedad Carbones de la Nueva”, según un contrato favorable de arrendamiento aprobado por la Dirección General de Minas en diciembre de 1955. Entonces se produce un cambio importante, alargando la producción al año natural completo. Para ello, los mineros se alojan en barracones colectivos de cemento armado y techo de bóveda de cañón, se cuenta con nueva maquinaria y son camiones los que realizan el transporte del mineral. También mejora la explotación con unos servicios de arranque y extracción más adecuados debido a la mayor potencia de generación de electricidad. Justo un año después, en 1957, se instala el primer lavadero de flotación permitiendo concentrar medio centenar de toneladas del producto extraído de la mina.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

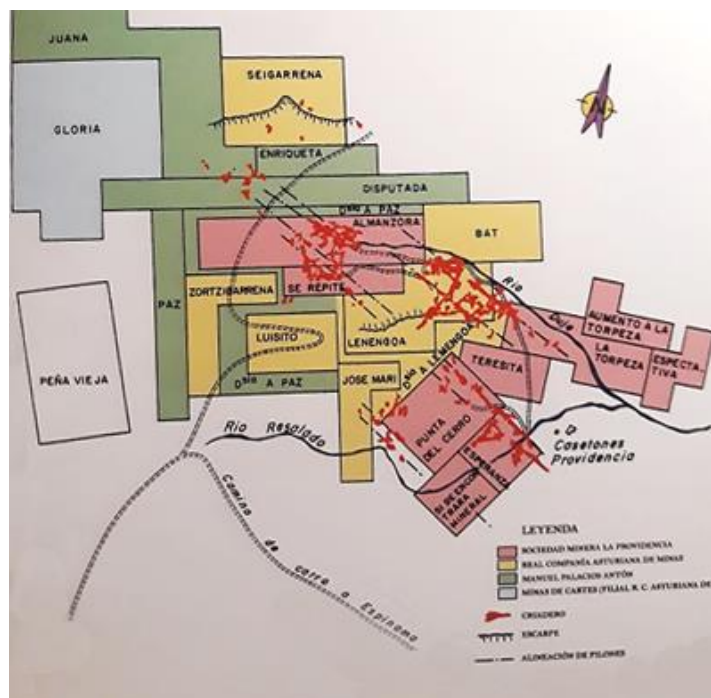


Ilustración 3.4: Reparto de las concesiones entre los años 50 y 60. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17

Esta actividad dura hasta 1981, cuando pasa a Asturiana de Zinc S.A. Finalmente, en 1985 AZ S.A vende las concesiones de Áliva a Agustín Fernández Balmori quien, con apenas una veintena de trabajadores, hace un aprovechamiento residual hasta 1989 buscando piezas vistosas de blenda acaramelada para su venta a coleccionistas. [18]

Tabla 2.2: Empresas propiedad de las minas de las Manforas. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17

EMPRESA MINERA	PERIODO DE EXPLOTACIÓN
Real Compañía Asturiana de Minas	1856-1928
Sociedad La Providencia	1860-1913
Sociedad El Destino	1864-¿?
Compañía Minero-Metalúrgica Montañesa	1915-1928
S. A. Picos de Europa	1923-1946
Compañía Minero-Metalúrgica Montañesa	1942-1953
Carbones de La Nueva	1955-1966
Sociedad Minera Picos de Europa	1967-1981
Asturiana de Zinc, S. A.	1981-1985
Agustín Fernández Balmori	1985-1989

3.1.6. Descripción de la situación durante el período de actividad, por Gonzalo Pardo de Santayana

Los mineros debían permanecer, en ocasiones, semanas enteras en Áliva, en barracones de 40 literas, con el ruido ensordecedor de la maquinaria del lavadero, escasa limpieza y problemas de ventilación. Posteriormente, se realizó la construcción de barracones de habitaciones de 4 literas, armarios y una correcta ventilación, que mejoró el orden, higiene y camaradería de cara a producción debido a la posibilidad de que fuera el trabajador quien escogiese su compañía de habitación.

Las comunicaciones con el exterior eran pésimas, disponiendo únicamente de una emisora de onda pesquera con interferencias que una y otra vez repetía la constante frase: “Espinama, aquí no hay ninguna novedad que comunicar”. Esto supuso un problema en aquellos momentos que sí necesitaban explicación, debido a la calidad del transmisor, requiriendo dos operarios que bajasen al pueblo a comunicar, vía teléfono público del bar “Peña Vieja”, a Reocín la información pertinente. Como solución a ello, se contactó con una empresa especializada para realizar una prueba con radioteléfonos modernos que fue un éxito. El nuevo sistema de comunicaciones permitió el intercambio de información constante tanto con Espinama como con Sotres, siendo un enorme avance para el trabajo y la tranquilidad de los mineros.

El aislamiento invernal debido a las condiciones geográficas de la zona requirió de otro ejercicio de ensayo. En las condiciones iniciales, una pala de orugas apartaba toda la nieve posible despejando el camino para vehículos. Debido a esto, ciertos suministros urgentes como víveres o explosivos se subían antes de la primera gran nevada, allá por octubre. Cuando se agotaba un explosivo, por ejemplo, se acercaba una cantidad determinada desde Reocín en un Land Rover, hasta donde era posible, y allí esperaban tantos mineros como cajas de dinamita se llevaban, cargando al hombro y con nieve que pisar por delante. Como solución, se obtuvo una máquina Ratrac de orugas de goma, sobre marzo de 1974, que apenas tardaba una hora en subir a la mina.

Relacionado a esto, la dieta era otro tema importante que lidiar. Con la presencia de apenas legumbres con tropezos y huevos con patatas, y pan hecho en la propia mina, se decidió adquirir un congelador industrial con el que disponer de pescado, verduras, etc. El cual se proveía a través del economato de Espinama.

La instalación de un repetidor de señal en el Chalet Real permitió ver la televisión y se acondicionó un pequeño bar, donde fomentar compañerismo. [7]

3.1.7. Infraestructura minera en Las Mánforas

Todo resto de labor minera que hoy día se puede apreciar en la zona de los Puertos de Áliva son resultado de una actividad ejercida entre mediados del siglo XIX y 1989, fecha de cese de su última etapa de explotación. Estos más de cien años de, prácticamente, continuo trabajo ha hecho que cualquier retazo de laboreo más antiguo haya quedado relegado al olvido.

Como se viene recogiendo, el principal foco de actividad minera se dio en la mina de Las Mánforas, y al momento del cierre de las mismas, disponía de 6 plantas o niveles con la siguiente disposición:

- Nivel 1, a una cota de 1602 m sobre el nivel del mar.
- Nivel 2, a 1583 m.s.n.m.
- Nivel 3, a 1552 m.s.n.m.
- Nivel 4, a 1527,5 m.s.n.m.
- Nivel 5, a 1502,5 m.s.n.m.
- Nivel 6, a 1467,5 m.s.n.m.

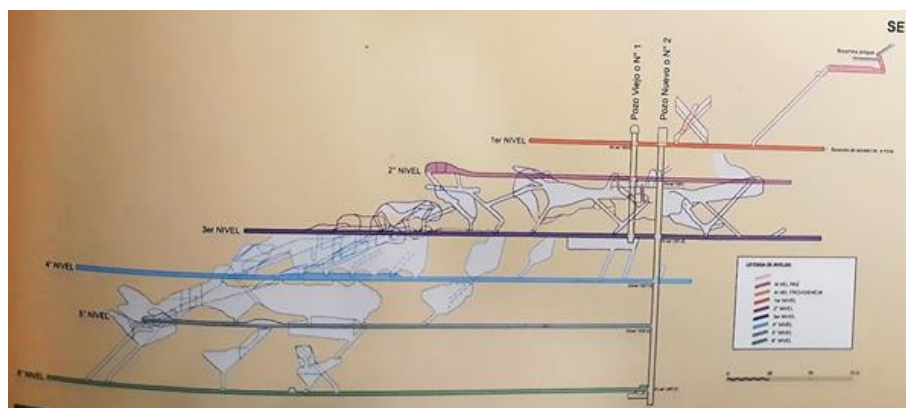


Ilustración 3.5: Sección de labores en la mina de Las Mánforas. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17

Por tanto, supone una diferencia de cota de, prácticamente, 135 m. A este valor de altura hay que añadir los metros verticales de las labores realizadas desde los afloramientos de la mineralización a la primera planta, sobre 45 m. En total, Las Manforas tuvo un desarrollo de explotación minera de 180 m verticales. [7]

En la situación inicial, mediados del siglo XIX, las labores de explotación siguieron las fuertes pendientes de la topografía accidentada de la zona, propiciando la construcción de galerías erráticas sin una buena planificación que únicamente se limitaban a seguir masas de mineral asequibles. Hasta finales de 1920, apenas se habían conseguido dos

niveles de galerías, en los que por el inferior se realizaban las evacuaciones de aguas y transporte.

Durante la explotación realizada entre 1942 y 1957 por la “Compañía Minero-Metalúrgica Montañesa”, únicamente se desarrolló la misma en estos dos niveles citados. Para comunicar las dos plantas de la mina, disponían de un pozo de 20 m de profundidad dotado de un sistema de extracción con jaula, de sección 2,5 m x 2,5 m realizado en roca. Poseía un motor eléctrico de 14 CV, velocidad de 0,5 m/s, carga útil de 1 tonelada y una masa total, contando jaula y vagoneta, de 1860 kg.

Posterior a la reapertura en 1956 por la “Sociedad Carbones de la Nueva”, en el año 1957 se iniciaron las labores en la tercera planta aumentando la profundidad del pozo hasta los 52 m, y generando rampas que comunicaban la segunda y tercera planta. Tuvo lugar la creación de un socavón que comunicaba la primera planta con el exterior, acceso principal después hasta su cese en 1989. Próxima al dique de estériles.

En 1968, con los nuevos descubrimientos de recursos, se desarrollaron las 3 siguientes plantas y un pozo nuevo Nº 2, finalizado en 1975, que comunicaba las seis plantas finales. En este caso, dicho pozo poseía técnica de extracción de Polea Koepe de 1,25 m/s de velocidad. [7]

3.1.8. Métodos de explotación

Conforme el paso del tiempo y los períodos extractivos, los métodos de explotación fueron evolucionando. En origen, se limitaban únicamente a seguir masas de mineral por galerías caóticas sin ningún tipo de planteamiento ni análisis, como queda recogido durante los años previos a la Guerra Civil española. La roca presentaba buenas condiciones mecánicas que favorecían esto.

Con el tiempo, el laboreo mejoró en planificación, con una serie de galerías de investigación a un nivel determinado que seguían las trazas del mineral, para después extraer mediante método de testers ascendentes, martillo picador, en masas estrechas, o de banqueo en masas gruesas.

Ya en las últimas etapas de la explotación, la planificación se llevaba a cabo mediante el análisis de los resultados de sondeos, derivando el tipo de arranque en función de la información obtenida de la masa. En zonas de gran acumulación, el método era el de cámaras y pilares con una disposición geométrica sensiblemente horizontal. Debido a las buenas condiciones reológicas de las rocas encajantes, daban lugar grandes huecos previa apertura, llegando a extensiones de decenas de metro. Se realizaban realces que se adaptaban al cuerpo mineralizado si aparecían en cuerpos lenticulares o con morfología filoniana.

TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA. PICOS DE EUROPA. CANTABRIA

Desde inicios de la década de 1970 el arranque, carga y transporte se realizaba a 3 turnos de lunes a viernes. El cuartel de arranque en explotación se comenzaba por una rampa de 45º, desde el nivel inferior, que llegaba a una tolva de madera para el transporte de mineral, franqueado, realizado y rebajado su relleno hasta que no caía por gravedad, momento en que se situaba un cabrestante de 15 CV que arrastraba el mineral arrancado. La perforación tenía lugar con martillos neumáticos Atlas RH-656 o BDD-44 sobre columna con barrena integral de 32 mm y Goma 2 EC, de 26 mm de diámetro como explosivo, disparándose los barrenos con detonador ordinario nº 8 y mecha.

El avance de galerías y rampas se hacía con cuele en cuña y detonadores de microrretardo de 30 ms en cuele y retardos de 500 ms para destroza, contorno y zapateras. La sección de dichas labores era de 2 m x 1,9 m, con avance de unos 90 cm por pega, que se disparaba con explosor dinamoelectrico.

En un inicio, la carga era manual y el transporte en el interior de la mina se llevaba a cabo con cestos de esparto o carretillas, siendo posteriormente vía vagonetas de 0,5 ton de capacidad que se deslizaban manualmente o con arrastre animal por la pendiente de las vías. A partir de los 70, comenzaron a emplear palas neumáticas sobre vía Salzgitte HL-100 de descarga posterior. [7]

3.1.9. Equipamiento minero

En el momento en que “Carbones de La Nueva, S.A.” se hizo cargo de las minas, adquirió la maquinaria que estaba en posesión de la “Compañía Minero-Metalúrgica Montañesa”, propia desde 1952. Constaba de dos compresores “Dorman” con un motor de 36 CV y un compresor “Arpic” de 44 CV, para dotar de aire comprimido a la instalación. Para el suministro eléctrico, poseían un grupo electrógeno “Gardner” de 120 CV y otro grupo electrógeno “Otto Deutz” de 35 CV.

Ya con la concesión la “Sociedad Minera Picos de Europa”, la mejoría en la explotación se hace notoria, usando a finales de los años 60 martillos neumáticos con inyección de agua, mejorando las condiciones de salud de las labores realizadas. Se cuenta con 3 compresores de aire para trabajos de arranque, 4 perforadoras tipo “Ingersoll-Rand”, martillos picadores y 2 rozadoras, junto a 3 grupos motobomba que sirven de desagüe.

En el caso de la alimentación eléctrica de las minas, se realizó la instalación de una línea eléctrica de 30 kV, con origen en Tama y paso por Argüebanes, Lon y Tanarrio, para llegar a los Puertos de Áliva por el collado Cámara. Debido a la situación de la mina y los constantes temporales de nieve, se sucedían las averías de difícil localización dado el trayecto de la línea, lo que obligaba a trabajar únicamente con los grupos electrógenos, que suponían un medio rendimiento de la explotación.

A finales de los años 70, el parte de maquinaria tenía un valor estimado de 20 millones de pesetas y constaba en 1978 de:

- 2 transformadores de 400KVA.
- 1 transformador de 20 KVA.
- 1 transformador de 95 KVA.
- 1 generador Caterpillar de 118 CV.
- 2 ventiladores Gruber de 10 CV.
- 4 cabrestantes de 2 tambores.
- 4 palas cargadoras Salzgitte.
- 4 bombas de desagüe Worthington.
- 1 bomba de desagüe Emica KSB.
- 1 grupo motobomba (s.c.).
- 2 compresores Atlas Copco.
- 1 compresor Joy, mod. 160.
- 1 sonda Diamec de Atlas Copco.
- 1 sonda B-50 de Atlas Copco.
- 1 sonda Sullivan.
- 3 martillos Atlas BBD-44 WK.
- 3 martillos Atlas Copco RH-656.
- 1 locomotora Kalmar, AL-7.
- 1 locomotora con rectificador.
- 24 vagones de 1 t de carga.
- 30 vagones de 0,8 t de carga.

Con dicho equipamiento se alcanzan producciones de unas 80 t/día, operativo hasta el final del laboreo de la mina. [7]

3.1.10. Tratamiento del mineral extraído

Para comenzar a entender este apartado en la situación de la Mina de Las Mánforas, adjunta se presenta una tabla que presenta la composición del todo-uno extraído, según los planes de labores de la “Sociedad Minera Picos de Europa”:

Tabla 3.3: Composición del todo-uno de Áliva. Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17

SUSTANCIA	TODO-UNO	
	1970-1974	1978
ZnS (esfalerita)	18,28%	18,02%
PbS (galena)	1,22%	1,04%
(Ca, Mg) (CO ₃) ₂ (dolomita+calcita)	80,30%	80,94%
Cinc metal contenido (Zn)	12,25%	12,09%
Plomo metal contenido (Pb)	1,06%	0,90%

Como se indica en ella, los mineros eran de alta ley en cinc con plomo, tamaño de grano grueso y fácil liberación. En los primeros compases de la actividad minera, tras la extracción del mineral se seleccionaba por estrío manual, escogiendo aquellas partes ricas y bajándolas posteriormente por la canal del río Nevandi a Espinama, en carros. Aquellos otros materiales con impurezas recibían tratamiento previo, que consistía en ser triturados en molinos de cilindros y concentrados por métodos gravimétricos tradicionales.

Cabe destacar el proceso de desarrollo de diferentes sistemas e instalaciones que permitían el tratado y recuperación de aquel mineral de baja ley. Así, en 1957 “Carbones de la Nueva” construyó bajo la Canal de Vidrio, apenas a unos metros de las instalaciones mineras, un lavadero de flotación propulsado por motores eléctricos. Constaba de trituración, molienda y concentración, diseñado para tratar 50 toneladas al día de todo-uno, triturado a 20 mm y molido hasta 80 mallas. La recuperación finalmente era muy positiva, recuperando el 90% de cinc y 80% de plomo de los minerales brutos.

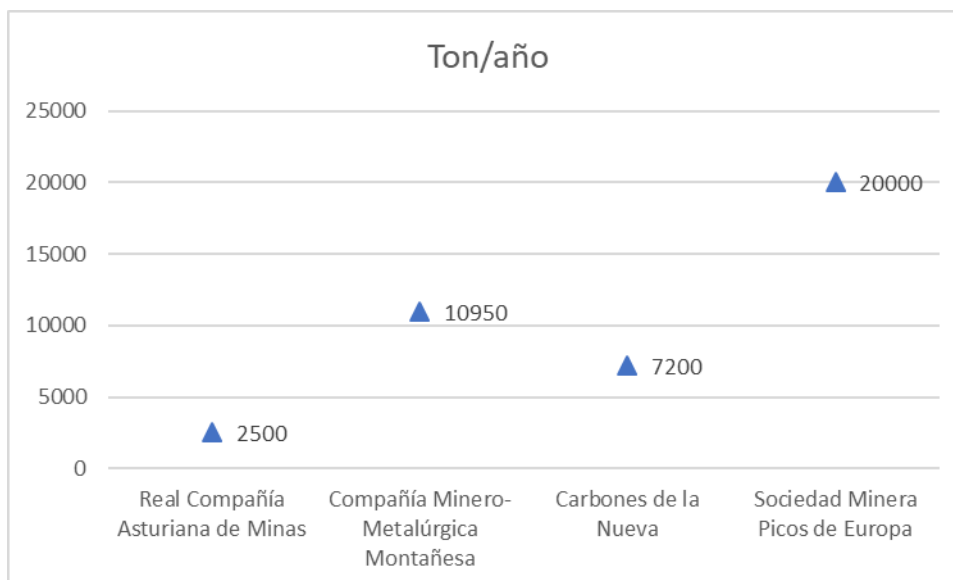
En la época estival de 1960 se instaló un equipo de preconcentración, esta vez procedente de la “Real Compañía Asturiana de Minas”, complementado con una tolva y un dique. Finalmente, gracias a las mejores que sucedieron por parte de la “Sociedad Minera Picos de Europa”, se completaron unas instalaciones de concentración que resultaron en un aumento de la producción y calidad de concentrados.

El rechazo de la planta de concentrado, prácticamente finos de calcita y dolomita con cuarzo y trazas de Zn, Pb y Fe, se acumulaba en un dique de estériles, aquel que se va a

tratar de analizar, de dimensiones de 185 metros de longitud por 75 a 110 metros de ancho. Este dique atrae hoy día a la ganadería vacuna debido a la inexistencia de moscas en verano y la temperatura más agradable que presenta en las horas más calurosas del verano. [7]

3.1.11. Niveles de producción y reservas

La estimación de mineral contenido en Áliva antes del inicio de la explotación estaba en torno a unas 600.000 toneladas, con un 13% de Zn y 2% de Pb, conteniendo el cuerpo principal sobre el 90% de la mena. [7]



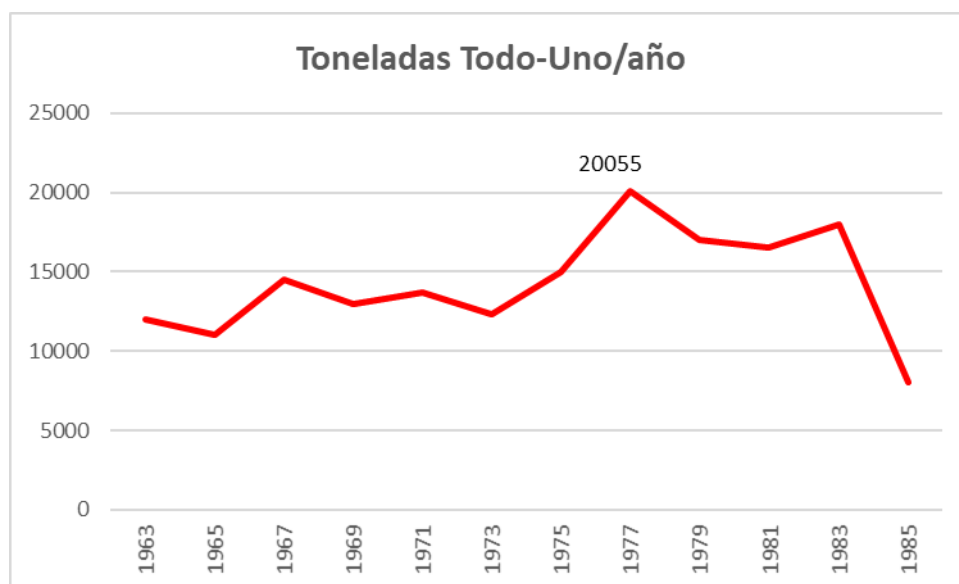
Gráfica 3.2: Representación de las toneladas/año producidas a lo largo del período de actividad. Elaboración propia.

Posteriormente, y aunque se desconoce con exactitud datos veraces previos a la Guerra Civil, se estima una producción de 2500 toneladas al año. Tras dicho período bélico y según los datos de la “Compañía Minero-Metalúrgica Montañesa”, se alcanzaban máximos diarios de 35-40 toneladas que suponían unas 30 toneladas de todo-uno. Esta cantidad, una vez tratada en la planta de concentración, equivalía a 4-5 toneladas diarias de mineral vendible de gran pureza.

También por los datos obtenidos de “Carbones de la Nueva”, entre 1956 y 1963, se registraron entre 400/800 toneladas al mes de todo-uno.

El pico de producción obtenido en la Mina de Las Mánforas se produjo en el trienio 1976-1978, con datos por encima de las 20.000 toneladas al año, unas 80 toneladas al día.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**



Gráfica 3.3: Producción bruta en la última etapa de la Mina de Áliva. FUENTE: AZSA. Elaboración propia.

Tras el cese de las explotaciones, y como resultado de investigaciones de AZSA S.A, se estimaron reservas vagamente por encima de 50.000 toneladas, ya alrededor de un 8% del depósito inicial. [7]

3.1.12. Situación del personal de las minas

Como se recoge a lo largo de este trabajo, uno de los mayores problemas a enfrentar fue la localización de las minas. No solo la lejanía a los núcleos de población sino también el clima adverso durante la época invernal. Como uno de los retos a enfrentar, a lo largo del período de explotación fue avanzando y mejorando la situación personal de todos los trabajadores de la mina.

Para finales del siglo XIX, constaba de la existencia de dos casetones en Áliva como alojamiento durante la época de buen tiempo, considerándose el tiempo dado entre el fin de las últimas grandes nevadas en primavera a la caída de temperaturas para mediados de otoño, entre abril y noviembre principalmente. El mejor de los casetones estaba destinado a los mandos y empleados de alto cargo, siendo el otro modesto y con condiciones deficientes en lo higiénico. Con la reapertura de las minas, bien avanzado el siglo XX (en torno a 1956), tuvo lugar la construcción de albergues subterráneos al pie de la Canal de Vidrio, lo que permitió trabajar casi todo el año. Aún con ello muchos trabajadores viajaban a diario a sus casas, en ciclo estival, desde Sotres o Espinama con coches de servicio de la empresa, ocupando entre trabajo y desplazamiento las horas entre el amanecer y atardecer. Las jornadas laborales tenían dos turnos: de 6 a 13h y de

14 a 21h. Ya más adelante, tuvo lugar la construcción de barracones de cemento en forma de medio tubo, con habitaciones para cuatro trabajadores y con cocina, comedor, sala de juegos y televisión, al tiempo que se generó un servicio de cocina y se instalaron grandes congeladores. El aprovisionamiento tenía lugar desde el economato de la empresa en Reocín.

Para la década de los 50, unos 90 trabajadores se contabilizaban en la mina, siendo gran parte gente de poblaciones cercanas, para posteriormente decaer a 70 para mediados de los años 70 y finalmente a 20, cuando “Asturiana de Zinc, S.A” vendió las minas a Agustín Fernández Balmori en 1985. De estos datos, no se tienen noticias de la presencia de mujeres, como sí se daba en el caso de las minas de Ándara.

En las minas, aún a pesar del entorno laboral tan hostil en lo ambiental y las horas ocupadas cada jornada, se recogieron valores altos de productividad y nunca se dieron informes respecto a hostilidades entre trabajadores. Tampoco hubo problema con las condiciones de seguridad, siendo el único incidente notable uno ocurrido en 1983, a un encargado de la mina, por un arco voltaico al aproximarse al transformador general del lavadero de flotación, sustituyéndose posteriormente la instalación al completo y garantizando en todo momento unas condiciones de seguridad y salud notables. [7]

3.1.13. El transporte del material

Uno de los principales problemas que afrontar durante el período de actividad minera fue el transporte del mineral extraído, debido a las condiciones hostiles del entorno y a la localización del yacimiento. Por este motivo, y teniendo en cuenta que las posibilidades eran únicamente dos, tuvo lugar la construcción de la pista que permitió hasta hoy día acceder desde Sotres y Espinama, ambas dos vertientes, a la mina. Principalmente, debido al transporte luego en barco, la pista más transitada fue siempre la que daba acceso al pueblo de Espinama para después acceder al Desfiladero de la Hermida como punto medio hasta alcanzar Unquera, destino portuario. Este transporte se daba por el cauce del río Deva a partir del pueblo de Ojedo, donde se calcinaban las calaminas o se cargaban las blendas obtenidas en chalanas, embarcaciones para el transporte por río.

En los primeros compases, con las primeras carreteras en la década de los 20, el traslado se hacía en camiones desde Potes donde se disponía de una tolva y báscula para los carros recibidos desde Espinama. Fue la “Sociedad la Providencia” quien comenzó a usar camiones desde Potes hasta Unquera.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

Ya en los años 70, la pista mejoró las condiciones, lo que permitió subir camiones hasta la mina y, posteriormente y a partir de dicha década, transportar a la sede de Arnao los concentrados de cinc. [7]



Ilustración 3.6: Hoy día, la pista de acceso al puerto de Áлива desde Espinama es camino transitado por todo tipo de vehículos. FUENTE: Elaboración propia.

3.1.14. Costes de la explotación minera

Debido a la situación de la localización y las condiciones que requería una explotación en este entorno, los costes derivados de la misma eran elevados. Estos, sin embargo, se compensaban por las condiciones geomecánicas, la sencillez en el tratamiento de la mena y las buenas leyes explotadas. [7]

Hay algunas referencias históricas en los costes de la explotación, siendo la más antigua en 1879, dada por “Sociedad La Providencia”, con un coste de 75 pesetas por tonelada de esfalerita (ZnS).

Ya hasta 1978 no se conocen datos en detalle, cuando se presenta ante la jefatura de Minas que los costes por tonelada eran de un total de 2.065 pesetas.

3.1.15. La Mina Las Mánforas en la actualidad

Hoy día la Mina Las Mánforas aparece entre los pastos de Áliva inactiva y sin ningún proceso de desmantelamiento, en situación de abandono y olvido. Han pasado ya más de 27 años desde su cese de actividad y permanece como una cicatriz en el sector Peña Vieja, aún ubicada con toda la infraestructura de la época. Los planes de restauración pertinentes no fueron aplicados en su día y tiempo después, parece permanecer en silencio cualquier atisbo de medida para la situación de la mina, perdiendo cualquier valor de patrimonio y resultando en una mancha en el entorno.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1. LOCALIZACIÓN

4.1.1. Situación

La Mina Las Mánforas se sitúa en el Puerto de Áliva, en el Parque Nacional Picos de Europa, perteneciente al concejo de Camaleño, en el valle de Liébana, Cantabria.

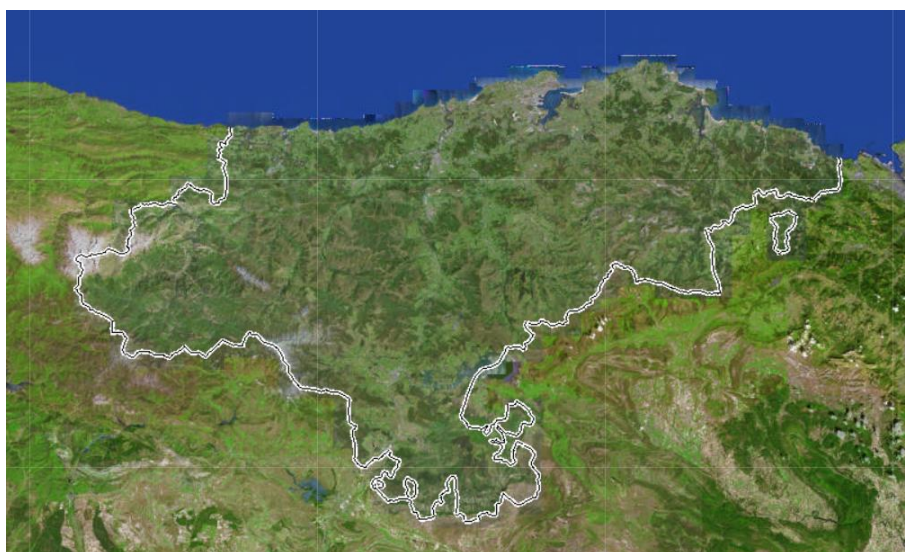


Ilustración 4.1: Mapa general de Cantabria. FUENTE: Mapas de Google.

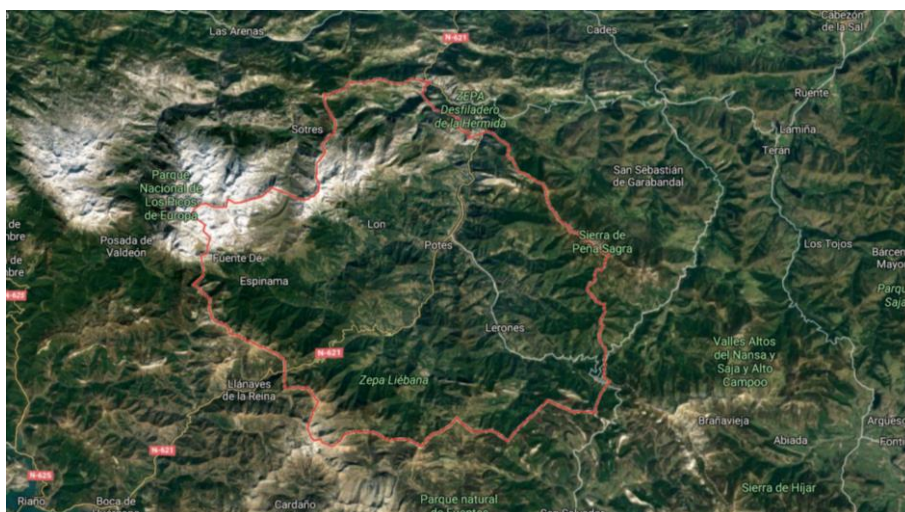


Ilustración 4.2: Mapa de la región de Liébana. Se aprecia la zona del PNPE comprendida en Cantabria, resaltada en tonos blancos. FUENTE: Mapas de Google.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

El acceso a la misma se da a través del pueblo de Espinama. Tomando como punto de partida la Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía en Torrelavega, el recorrido será tomar la N-634 hasta Torres desde donde se coge la autovía E-70/A-8 dirección Asturias. A la altura de Unquera se toma la salida para coger la CA-185 dirección Potes, pueblo que se deja atrás continuando la carretera hasta el pueblo de Espinama.

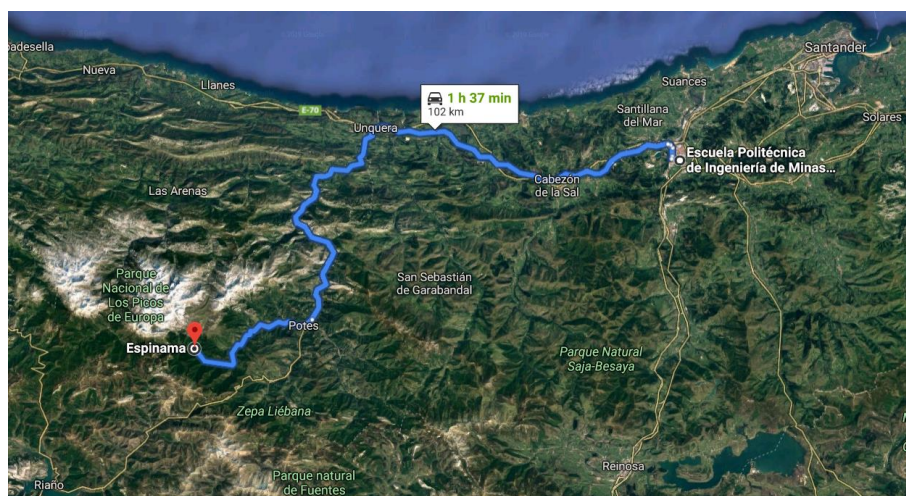


Ilustración 4.3: Itinerario a realizar entre la Escuela y Espinama. FUENTE: Mapas de Google.

La mina de Áliva se encuentra situada en los puertos homónimos, en el macizo central de Picos de Europa, junto al río Duje. El acceso puede hacerse a través del pueblo de Espinama por una pista pavimentada que conduce hasta el refugio de Áliva, conocida como Canal del río Nevandi, previo desvío hacia las minas. Durante el estudio realizado en campo de este trabajo, se dejaron recogidas fotos y trayecto vía GPS para constatar la ruta que da acceso a la explotación. El itinerario es el siguiente, adjuntas fotos descriptivas:

- Desde el pueblo de Espinama, al norte de este, inicia un sendero de pequeño recorrido (PR) que recupera el camino tomado por los antiguos mineros para acceder o volver desde las minas, creado íntegramente para dicho uso, pues servía de trayecto para la bajada del mineral en vagonetas. Sin pérdida alguna, es una pista que hoy día tiene un uso continuo para los taxis que parten desde el pueblo para turistas, de continuo ascenso hasta los invernales de Igüedri, donde cesa el desnivel positivo.



Ilustración 4.4: Inicio del sendero PR que conecta el pueblo de Espinama con el puerto de Áliva. FUENTE: Elaboración propia



Ilustración 4.5: La pista, sin pérdida ni desvío alguno, presenta muros de refuerzo antiguos y la posibilidad de hacer el itinerario en coche. FUENTE: Elaboración propia.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**



Ilustración 4.6: El bosque se abre conforme el trayecto se acerca a los invernales de Igüedri, cabañas que sirven para albergar al ganado y el pasto durante el invierno. Ya, la parte final de la subida. FUENTE: Elaboración propia.

A continuación, mismo camino, las portillas del Bosquejón dan acceso al puerto de Áliva, donde ya se aprecia el pasado glaciario inequívoco con su forma en “U”. Sin perder el trayecto la pista presenta varias bifurcaciones, las cuales se debe elegir dirección Sotres hasta que en la última previo al camino ya sin posibilidades que lleva a dicho pueblo, se desvía la pista hacia la izquierda viendo ya el pasado minero en el entorno.



Ilustración 4.7: Entrada al puerto de Áliva, por el portillo del Bosquejón. FUENTE: Elaboración propia.

Otra señal de la dirección a tomar son las torres de tensión que tenían como único objetivo la antigua mina.



Ilustración 4.8: Foto ilustrativa de la magnitud del puerto. Las nubes sobre Peña Vieja y el sector Juan de la Cuadra. FUENTE: Elaboración propia.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**



Ilustración 4.9: Al este, entre las nubes, el collao Cámara, de donde provienen las torres de tensión que alimentaban la mina. FUENTE: Elaboración propia.



Ilustración 4.10: En la bifurcación que hay que coger hacia la izquierda, se aprecian los restos mineros y la dirección que toma el tendido eléctrico. FUENTE: Elaboración propia.



Ilustración 4.11: Llegada a la Mina Las Mánforas, con los barracones y el dique en foto. FUENTE: Elaboración propia.



Ilustración 4.12: Foto desde la pista por el acceso desde Fuente Dé. FUENTE: Elaboración propia.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

Otra posibilidad, durante la época estival, es la de visitar a pie las mismas desde la estación superior del teleférico de Fuente Dé. Sin prácticamente desnivel de ascenso, el camino lleva hacia el collado conocido como la Horcadina de Covarrobres desde donde se puede apreciar la inmensidad del puerto. Divisando el Hotel, la pista que toma el camino bajo el entorno de Peña Vieja lleva directamente a la mina, llegando en este caso por encima de las mismas.

4.2. MARCO GEOLÓGICO

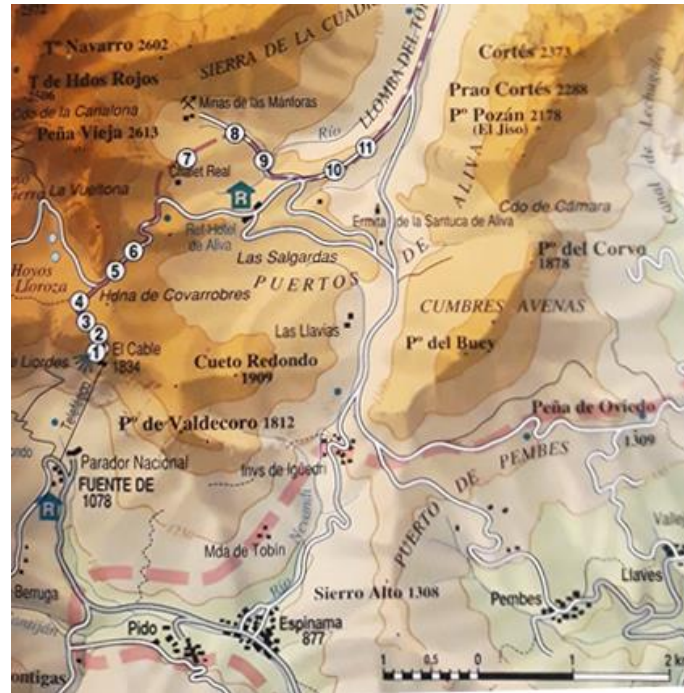


Ilustración 4.13: Mapa geológico del entorno de los puertos de Áliva. FUENTE: Guía geológica del PNPE, IGME

Uno de los aspectos más llamativos que se pueden apreciar en el entorno de los puertos de Áliva, más allá del rastro que dejó la minería en la zona, son todas las huellas del pasado glaciar presentes como la Lloba del Toro, la morrena más larga de toda la Cordillera Cantábrica. Todo el valle alto del Duje, río que aquí nace, presenta pruebas claras de alternancias climáticas durante el Cuaternario. [11]

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

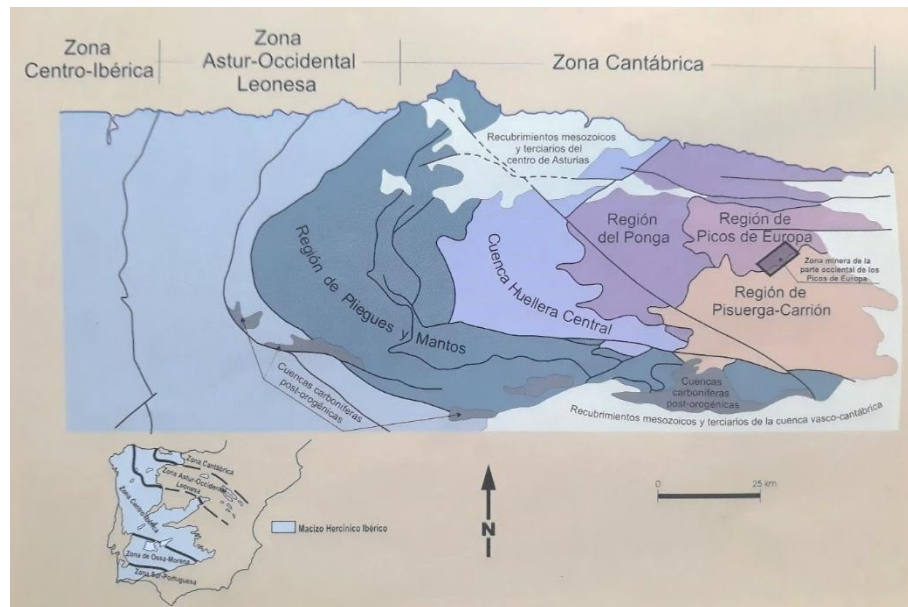


Ilustración 4.14: Encuadre geológico general y localización regional de los yacimientos de Áliva en el contexto de la Zona Cantábrica del macizo Hercínico Ibérico. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17

Guillermo Schulz (1858) relató acerca de la zona de calizas del oriente de Asturias: “En esta comarca, aunque la más angosta de la provincia y al mismo tiempo la más quebrada, se encuentran las montañas conocidas bajo el nombre de Picos de Europa, de cuyos picachos algunos llegan a la altura de 2.600 metros a cinco leguas del mar, con otras muchas de menor elevación, todas constituidas mayormente de caliza, siendo entre ellas notable la sierra del Cuera que con algunos picos de 1.300 a 1.400 metros corre paralela con la costa a legua y cuarto de la misma.

En la parte meridional y más alta la caliza carbonera se presenta casi sola formando las asperísimas montañas de Cornión y Urrieles, o sean en junto los Picos de Europa; e la parte boreal son frecuentes las fajas de cuarcita y de arenisca al paso que en los valles longitudinales entre una y otra hay además de dicha alteración algunos terrenos secundarios sobrepuestos y los hay también en el extremo oriental o sea en la región de Colombres.

La dirección general de las diversas fajas de caliza, cuarcita y pizarrilla pueden tomarse en este grupo más oriental en una considerable extensión E. algunos grados N., pero con muchas excepciones, sobre todo en las cercanías del río Sella, donde las fajas y los estratos del terreno hacen curvas admirables corriendo primero al N.O., después al N., en seguida al N.E. torciendo también al S.E. y finalmente se extienden hacia levante.

Para formar una idea más clara de las diversas fajas de terreno que constituyen esta comarca oriental de Asturias acompaña el corte núm. 5 en la lámina I tomado de N. a S. desde la costa de Nueva a los picos de Cornión; este corte tiene cinco leguas de travesía de las que la última legua y cuarto es toda de caliza, habiendo en lo restante otras cinco

fajas principales de caliza, también cinco de arenisca o cuarcita y cuatro principales de pizarrilla...” [12]

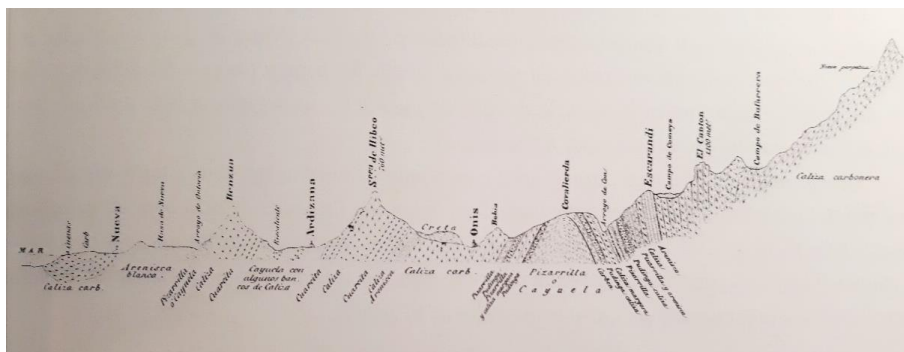


Ilustración 4.15: Corte geológico según Schulz (1858). FUENTE: *La minería en los Picos de Europa* (Luque y Gutiérrez, 2000)

4.2.1. Estratigrafía

Como primer punto que llama la atención en este macizo rocoso es la presencia casi hegemónica de la roca caliza. Como tal, y junto a lo abrupto del relieve, la cartografía geológica se hizo de manera precisa en la segunda mitad del siglo XX, cuando las dataciones paleontológicas permiten establecer la edad de calizas que a primera impresión, son del mismo aspecto. En el lugar que nos atañe, el yacimiento de Áliva ha sido el principal depósito de cinc y plomo de la Zona Cantábrica, región del Orógeno Hercínico, nombre con el cual se conoce al Macizo Ibérico, cuya formación data del Carbonífero, siendo la mayor parte de rocas carbonatadas de origen marino.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

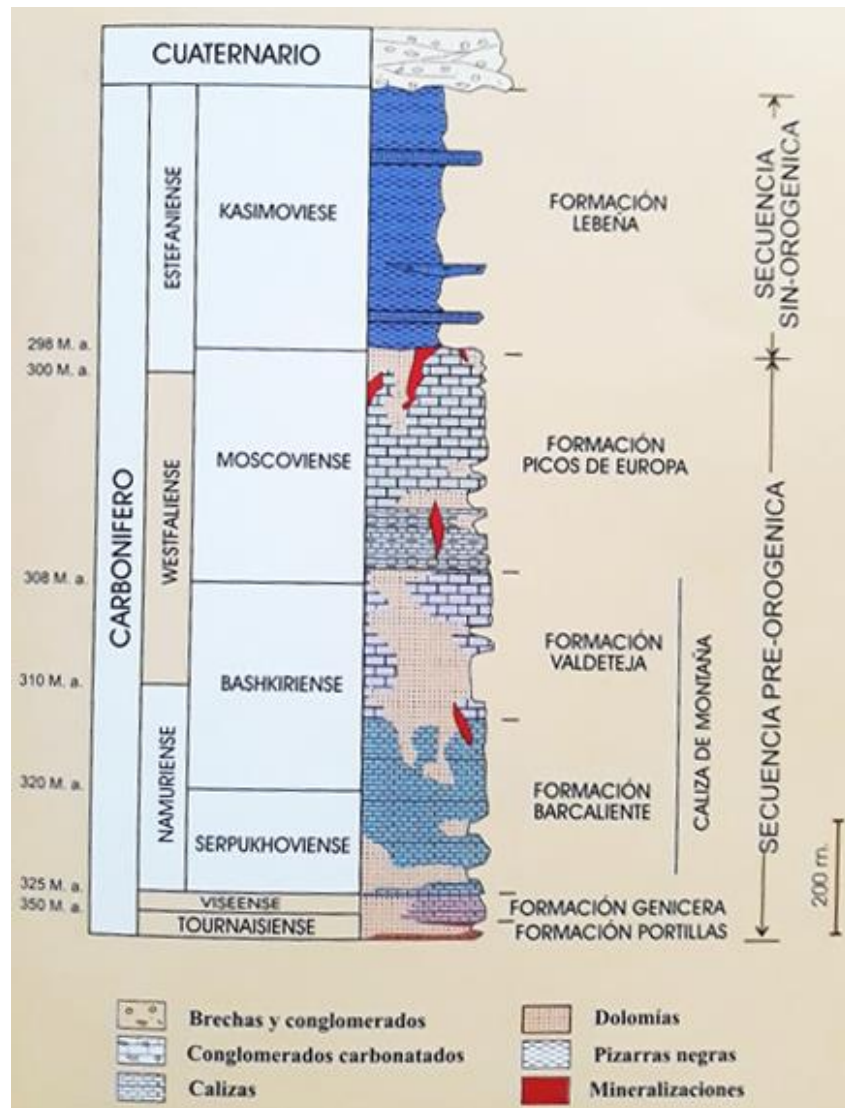


Ilustración 4.16: Columna estratigráfica en el yacimiento de Áliva. FUENTE: Revista BOCAMINA. 2006. Nº 17

La serie estratigráfica de Picos de Europa se divide en dos secuencias sedimentarias, una prerogénica, depositada antes de la formación de la cadena montañosa, y otra sinorogénica, formada al mismo tiempo que se producía la formación hercínica. Se puede decir que los Picos de Europa están formados fundamentalmente por sedimentos preorogénicos depositados en un medio marino de plataforma carbonatada de edad carbonífero. En el ámbito norte de la región afloran también rocas de edad cámbrica y ordovícica, existiendo una importante laguna estratigráfica, largo tiempo sin sedimentación, que abarca gran parte del Ordovícico, la totalidad del Silúrico y buena parte del Devónico.

Durante el Carbonífero medio se depositaron importantes cantidades de sedimentos carbonatados que son separados en dos unidades: Caliza de Montaña y Formación Picos de Europa. En la primera se han distinguido, de muro a techo, la Formación Barcaliente,

de 350 metros de caliza finamente laminadas, y la Formación Valdeteja con 350 metros de calizas bioclásticas. La Formación Picos de Europa está integrada por 360 metros de espesor de calizas. [11]

La secuencia sedimentaria sinorogénica está representada en la zona por la Formación Lebeña, con una edad Carbonífero superior y formada por 440 a 700 metros de pizarras negras, conglomerados, areniscas y calcarenitas. Estos sedimentos se depositaron discordantemente sobre los sedimentos preorogénicos y en ambientes turbidíticos.

Después de la sedimentación carbonífera se produjo la elevación de la cadena montañosa afectando a toda la secuencia sedimentaria descrita. Se produjo una importante fracturación y se generaron cuencas sedimentarias donde se depositó una secuencia detrítica de areniscas, lutitas y conglomerados de edad Pérmico-Triásico.

Después de los sedimentos del inicio del Mesozoico, no hay registro sedimentario hasta el Cuaternario, fundamentalmente de origen glaciar, y también hay algunas brechas de pie de monte. Sobre estos materiales se encuentra ligeramente encajada la red fluvial actual. [7]

4.2.2. Tectónica

La región de Picos de Europa es una estructura geológica compleja. Aparece superpuesta tectónicamente sobre la región Pisuerga-Carrión, conformando entre ambas el núcleo Arco Astúrico. El rasgo estructural dominante en la región es la presencia de un sistema imbricado de cabalgamientos, orientados E-O, y vergentes al sur. Las superficies de cabalgamiento buzan hacia el norte por lo general, y se hallan más tendidas en el sector meridional que en el septentrional, encontrándose en esta zona zonas verticalizadas, incluso llegando a estar invertidas. Las superficies de despegue de los cabalgamientos tienden a ser subparalelas a la estratificación, situándose preferentemente en niveles próximos a la Formación Genicera.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

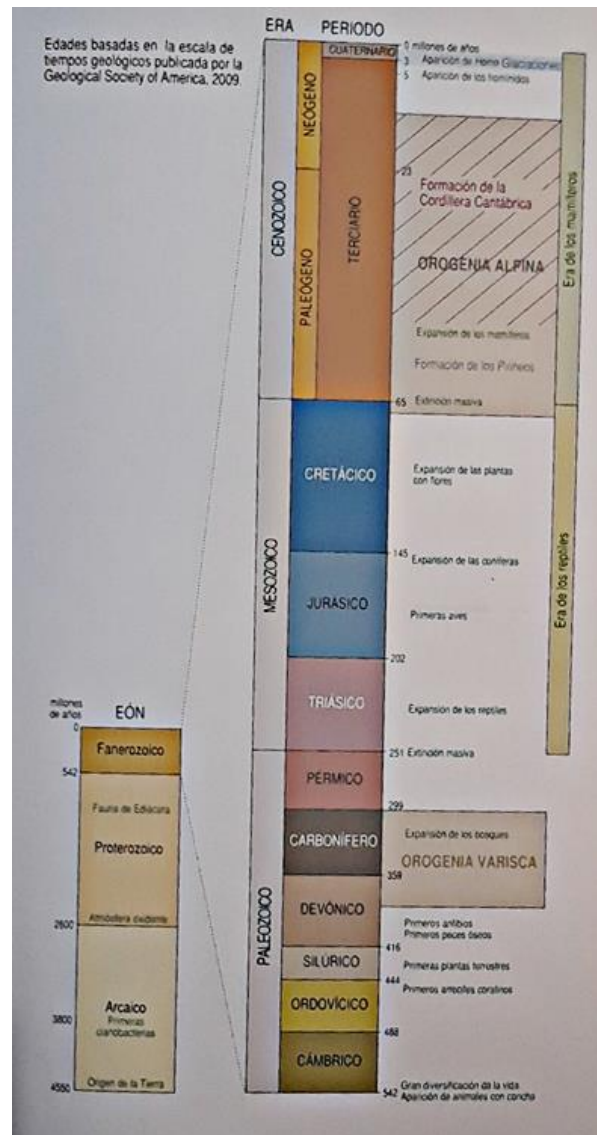


Ilustración 4.17: Edades basadas en la escala de tiempos geológicos. FUENTE: Geological Society of America (2009)

De acuerdo con Marquínez (1978), son tres las unidades estructurales presentes en el sector sudeste de Picos de Europa, zona de localización de las minas de Áliva, las cuales reciben el nombre de Unidad Frontal, Unidad Tesorero-Agero y Unidad Compleja de Lechugales. [11]

4.2.3. Metamorfismo y metasomatismo

Se podría decir que son prácticamente inapreciables los fenómenos de recristalización metamórfica asociados a la orogenia Hercínica, si bien es cierto que aunque estos procesos de transformación están prácticamente ausentes, las rocas de la región, en

especial carbonatadas, han sufrido importantes transformaciones de origen metasomático consistentes especialmente en dolomitización, proceso que genera un cambio en la composición química de la roca, pasando en este caso de carbonato cálcico (CaCO_3) a carbonato cálcico magnésico ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Esto se hace presente en grandes volúmenes de rocas descritas como calizas de diversas unidades litoestratigráficas que se han convertido a dolomías. Se manifiesta con tonalidades ocreas de las rocas dolomitizadas, contrastando con el gris de la roca caliza inalterada. Este es un hecho frecuente en todas las formaciones carbonatadas de la secuencia sedimentaria preorogénica de la región Picos de Europa.

La dolomitización es un hecho importante a tener en cuenta a nivel metalogénico, debido a que la dolomía ocupa menos espacio que la calcita, hecho que conlleva un aumento de la porosidad de la roca a nivel notable respecto a la caliza remplazada y, por tanto, genera zonas favorables para la circulación de fluidos que pueden dar lugar a mineralizaciones. Las líneas caliza-dolomía se dan en apenas centímetros y cortando superficies de estratificación, indicando que se trata de un proceso post-sedimentación. [7]

4.2.4. Geología del yacimiento de Áliva

En el sector sudeste de Picos de Europa hay un gran número de depósitos minerales e indicios de Zn-Pb (cinc, plomo), Fe (hierro), Cu (cobre), Hg (mercurio), F (flúor), As (arsénico) y Sb (antimonio). Estas mineralizaciones aparecen localizadas en las Unidades estructurales Frontal, Tesorero-Agero y Lechugales, y en las Formaciones Barcaliente, Valdeteja y Picos de Europa. Son yacimientos relativamente pequeños, siendo los más importantes los de las minas de Áliva (600.000 t de todo-uno con 13% de Zn y 2% de Pb) y las minas de Ándara.

El yacimiento de Áliva se encuentra encajado en la parte alta de la formación Picos de Europa, dentro de la Unidad Frontal de Picos de Europa, en una zona de frecuentes dolomitizaciones que condicionan la morfología del depósito. En el marco de la mina existen dos grandes cuerpos de caliza respetados por estos procesos, conocidos en el mundo minero como “Caliza de muro” y “Caliza Esperanza”, rodeadas totalmente por dolomía.

El cuerpo mineralizado explotado se extendía entre las cotas 1640m y 1467m, con dimensiones en planta de 200m x 410m, y espesor máximo de 20m. Se hallaba en el contacto entre la “Caliza de muro” y la dolomía. Este contacto mostraba estrías de falla, y brechas, que manifestaban un comportamiento frágil de la dolomía frente a la caliza. Visto en planta, presenta una traza curva, variando su dirección de N110°-115°E en el

TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA. PICOS DE EUROPA. CANTABRIA

tramo NE a N150°E en su parte SO, pasando por una zona central con un cambio de dirección brusco. En las partes altas del yacimiento, la caliza entraba en contacto con la Formación Lebeña y la mineralización armaba en la zona de contacto entre la caliza y las pizarras de esta Formación. Este cuerpo mineral albergó más del 90% de la mineralización de la mina de Áliva.

En el yacimiento existían otras masas mineralizadas de tamaño mucho menor cuya explotación económica fue posible por encontrarse en zonas próximas del cuerpo mineralizado principal, denominadas “Mineralización Norte” y “Mineralización Sur”. [7]

4.2.5. Mineralizaciones

En las minas de Áliva se han diferenciado tres eventos hidrotermales que generaron una precipitación sucesiva de:

- Mineralizaciones tipo 1, formadas fundamentalmente por esfalerita de color marrón oscuro, galena y dolomita con cantidades menores de calcopirita, tetraedrita y pirita. La granulometría es generalmente inferior a 30 μm , siendo únicamente reconocibles vía técnicas de microscopía. Las texturas son granulares, laminadas o botroidales, en capas alternadas de esfalerita marrón y amarilla. Son comunes en relleno de huecos y cementación de brechas hidrotermales. También se dan algunos casos de reemplazamiento de rocas encajantes.
- Mineralizaciones tipo 2, formadas por esfalerita acaramelada, galena y calcita. Los minerales accesorios son dolomita, pirita y cuarzo. En este tipo de mineralización, los cristales de esfalerita acaramelada, galena y calcita pueden llegar a alcanzar tamaños de 10 cm. La esfalerita aparece en cristales translúcidos, de color amarillento, caramelo, rojo o verde, y es en localizaciones donde ha crecido libremente y sin deformaciones donde se encuentran los cristales de mayor belleza. Se dan formando masas, como brechas de manera fragmentada o cementando las mismas, rellenando porosidades, fisuras o reemplazando la roca encajante, con texturas de corrosión. En general, esta mineralización ofrece un aspecto tectonizado.
- Minerales tardíos, representando una mineralización anecdótica. Se han identificado en este rango la pirita, galena, dolomita romboédrica, calcita y fluorita.

En el caso de las mineralizaciones tipo 1 y 2, se encuentran en el mismo contexto geológico, el contacto caliza-dolomía, siendo el tipo 2 constituyente de más del 95% de mineralización explotada en Áliva.

En las zonas de afloramiento estas mineralizaciones se vieron modificadas debido a alteración superficial, con desarrollo de una serie de minerales supergénicos. De gran importancia en los inicios de la explotación. Hoy en día, de gran dificultad su localización debido a la nula actividad minera, se han encontrado hidrocincita, smithsonita, cinabrio, cerusita, malaquita, azurita y goethita. [7]

4.2.6. Influencia de la geoquímica en las mineralizaciones

Para definir las condiciones del medio en que se formaron dichas mineralizaciones, se han realizado estudios de inclusiones fluidas atrapadas en minerales constituyentes de la paragénesis, así como determinaciones de isótopos estables de azufre en sulfuros e isótopos estables de carbono y oxígeno en carbonatos según Gómez-Fernández (1992). [7]

Dicho estudio muestra que la composición de las soluciones mineralizadoras fue similar durante los tres eventos hidrotermales descritos que produjeron las diferentes mineralizaciones. El fluido es acuoso con salinidades sobre 15% eq. NaCl. Respecto a termometría, las temperaturas de atrapamiento de inclusiones mineralizadoras de tipo 1 y 2 se sitúan entre 170º y 200ºC, mientras que en el caso de minerales tardíos se sitúan por debajo de las mismas. Esto nos da una idea de un progresivo descenso de temperatura durante el proceso.

Los datos recopilados por isótopos estables indican que no intervinieron aguas de origen magmático, sino aguas marinas evolucionadas. En el caso de los datos obtenidos de isótopos de azufre en los sulfuros de la mineralización, sugieren que dicho elemento proviene de la reducción del sulfato de aguas marinas, siendo su fuente las rocas sedimentarias del entorno de origen marino. [7]

4.2.7. Características metalogenéticas

Previamente a los depósitos de mineralización de Zn-Pb se produjo un episodio de dolomitización regional epigenético, relacionado geoméricamente con fallas de dirección N105-120Eº. Esto habría tenido lugar a comienzos del Pérmico y previo a las mineralizaciones.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

Durante el propio Pérmico, en episodios tectónicos extensionales, aguas de origen marino alojadas en sedimentos detríticos de las regiones Pisuerga-Carrión y Picos de Europa se movieron hacia la región Picos de Europa. Esto dio lugar a un sistema hidrotermal de media a baja temperatura que fue lixiviando metales contenidos en capas de pizarras negras, frecuentes en la región Pisuerga-Carrión. Las zonas de falla y dolomitizadas parecen haber sido los canales principales de transporte de las soluciones. Aunque no se descarta la importancia del descenso de temperaturas, presión o salinidad, dicha precipitación se habría producido principalmente por el incremento del pH de los fluidos mineralizadores, consecuencia de la interacción de las soluciones con carbonatos. Las dataciones absolutas de algunas mineralizaciones de la Zona Cantábrica presentadas por Gasparrini (2003), de 280 a 260 millones de años, aceptan dicha hipótesis.

Los datos de isótopos estables y texturas minerales presentes indicaron que la deposición de la mineralización tipo 1 se produjo rápidamente, tras una corta interacción entre fluidos mineralizadores y roca encajante. Por el contrario, el proceso de la mineralización tipo 2 debió ser de mayor entidad y tuvo una actuación mayor en el tiempo, más lenta, facilitando el desarrollo de grandes cristales. En el caso de la mineralización tardía parece de carácter residual, producto de la evolución del fluido hidrotermal y su descenso de temperatura.

Las características metalogenéticas de los yacimientos de Zn-Pb de la mina de Áliva indican que se pueden clasificar como Tipo Mississippi Valley (Leach and Sangster, 1993). Los principales rasgos de dicha clasificación son: [7]

- Los yacimientos son mineralizaciones epigenéticas de Zn-Pb, encajadas en carbonatos de plataforma y controlados por fallas y contacto caliza-dolomía.
- No muestra zonación mineral.
- La deposición mineral se vio acompañada por procesos de alteración, incluyendo brechificación y disolución del encajante.
- Temperaturas de atrapamiento entre 170º-200ºC y salinidades en torno al 15% eq. NaCl.
- Los datos de isótopos sugieren que el azufre procede de la reducción de sulfato de agua marina.

5. METODOLOGÍA

5.1. CARTOGRAFÍA Y CUBICACIÓN: ORTOFOTO, GPS Y AUTOCAD

Una parte fundamental en el trabajo y que sostiene el peso de evaluar el pasado histórico minero del puerto de Áliva ha sido el cálculo volumétrico de la balsa de estériles o presa de residuos, que inicialmente ha sido representada gracias a la toma de puntos GPS en campo, los cuales han sido obtenidos por medio de un GPS nivel usuario Garmin etrex 20x que ha hecho las labores propias, a sabiendas de que la precisión no va a ser el fuerte en este punto del trabajo. El 15 de junio de 2019 fue el día escogido para tomar datos, tanto para este apartado como para el siguiente, por la disponibilidad de vehículo con el cual acercarme hasta Espinama, como por las condiciones meteorológicas favorables para hacer más cómoda la toma.

Con una variación de entre 5-10 metros tanto en coordenadas planimétricas (x, y) como en altimétricas (z), y con la resignación de falta de tiempo, condiciones del terreno nevadas hasta inicios de mayo y falta de disposición de vehículo propio a libre elección, se realizó esta parte del ejercicio del trabajo con dicho dispositivo y resaltar las veces que sea necesario que dicho resultado va a ser tomado con cautela y en el ámbito escolar que atañe al trabajo, considerando el error derivado de dicho valor de precisión y mostrando a través de los planos que no es sino un dibujo grosero del cálculo volumétrico que permite dejar representado en un sistema 3D más allá de ortofoto convencional el elemento que se va a estudiar en primer punto.

Partiendo del dispositivo GPS, la toma de puntos se ha realizado perimetrando dicha presa por toda la superficie y tomando puntos a lo largo del talud lateral sobre el que se apoya, llamado dique. Dicha toma de puntos se ha apoyado con un reloj GPS de montaña Suunto Ambit3 Sport, con misma precisión, por si algún punto tuviese algún error en la medida o no se leyera correctamente.

Una vez con los datos introducidos a un ordenador, es necesario convertir dichos puntos a un sistema que permita la lectura en AutoCAD, que será la herramienta final para el dibujo definitivo. Esta herramienta no es otra que el Programa de Aplicaciones Geodésicas (PAG), que permite convertir la información de longitud y latitud en coordenadas proyectadas UTM para la lectura posterior en dicho programa de AutoCAD. Brevemente, hubo un paso intermedio en el cual se tuvo que usar Google Earth como medio de cambio de formato de los puntos, al formato .KML. A su vez, de esta herramienta se van a extraer ortofotos que compondrán determinados planos donde mostrar la ubicación de las muestras.

Ya dibujando, y teniendo cuidado y precisión con la unión de puntos, el programa permite ver en las propiedades el volumen del cuerpo que se ha dibujado. Este valor, la cubicación en sí, es determinante para analizar la viabilidad de las medidas que finalmente se decidan aplicar, pues diferentes valores necesitan diferentes soluciones.

5.2. TOMA DE DATOS EN CAMPO

La toma de datos en campo ha sido el objetivo fundamental en la metodología, resultando indispensable tanto para dibujar el dique a través de ordenador como para la toma de muestras y posteriores ensayos en laboratorio.



Ilustración 5.1: Sobre la balsa de estériles. FUENTE: Elaboración propia.

Extremando los detalles y el cuidado, la realización de dicha toma ha sido sometida a varios procesos: en un inicio, ayudado con un pico y una pala y bolsas para cada muestra, iba a proceder a la obtención del material propio de la balsa. Debido a la situación de regulación actual del Parque Nacional de Picos de Europa, fue necesario contactar con la dirección del mismo para la solicitud de un permiso con resolución positiva para la toma de muestras. Bajo esta situación a la que enfrentarse, por medio de la escuela se mandó una solicitud para la toma de muestras. Sin mayor problema ni restricción, tenía luz verde para continuar.

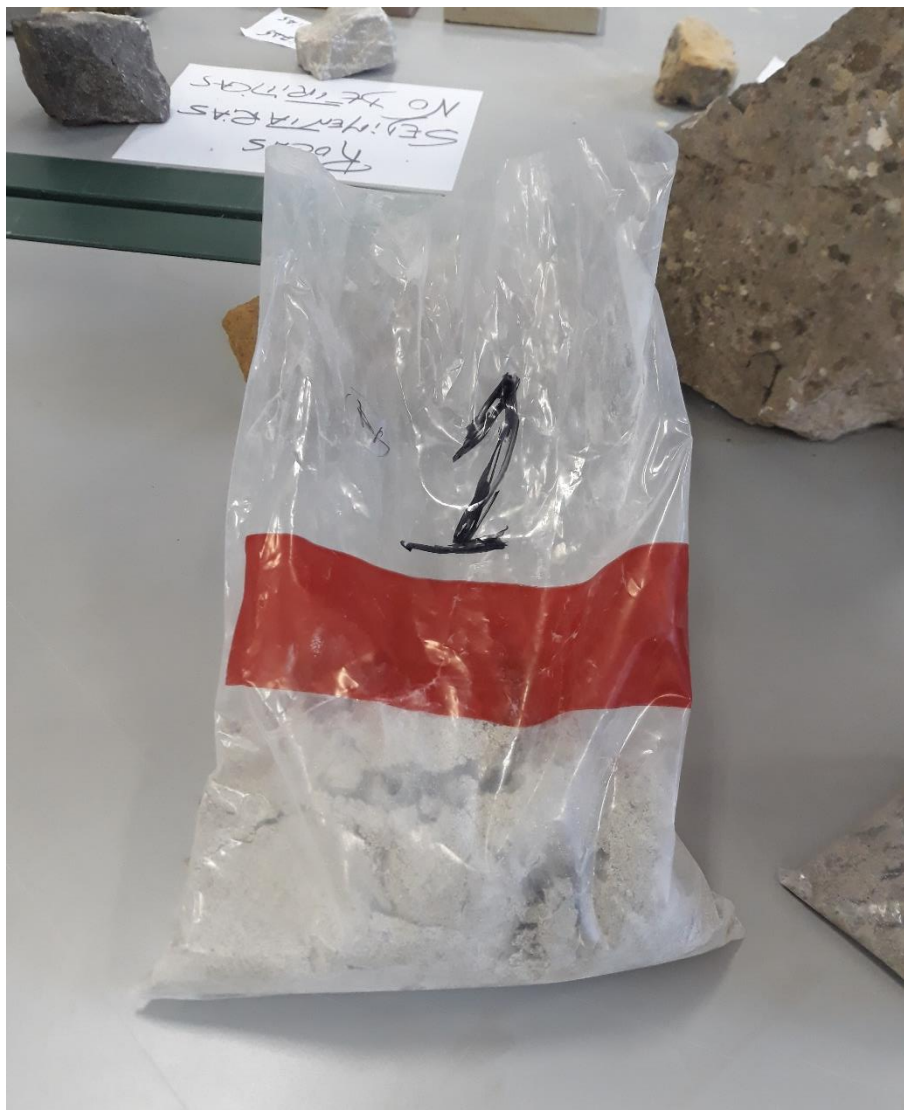


Ilustración 5.2: En la foto, ejemplo de las bolsas de muestras etiquetadas con el número correspondiente. FUENTE: Elaboración propia.

Solventado este conflicto, decidí tomar tres muestras en la balsa y otra (la cuarta y última) en el vertido de la misma al río, debido a la posibilidad de que esté vertiendo residuo al río con la potencial problemática de la calidad ambiental del ecosistema.

Los puntos de coordenadas de las tomas quedan reflejados en el plano del Anexo I.

También quedan en la siguiente tabla los valores de masa de cada muestra, para comenzar en este punto con los ensayos. Hay que tener en cuenta que dichos valores de masa son obtenidos pesando en una balanza de precisión 0,01 gramos con la bolsa donde fueron depositadas el día indicado.

Tabla 5.1: Muestras y masas de estas. FUENTE: Elaboración propia.

NÚMERO DE MUESTRA	MASA (EN GRAMOS)
Muestra 1	1988,08
Muestra 2	1195,56
Muestra 3	842,83
Muestra 4	1506,78

Las muestras se corresponden en campo con unas coordenadas UTM que quedan recopiladas en la siguiente tabla:

Tabla 5.2: Coordenadas UTM de las muestras. FUENTE: Elaboración propia.

COORDENADAS UTM	COORDENADA X	COORDENADA Y
Muestra 1	354145,62	4781991,67
Muestra 2	354141,92	4781915,47
Muestra 3	354201,72	4781960,45
Muestra 4	354513,92	4781971,03

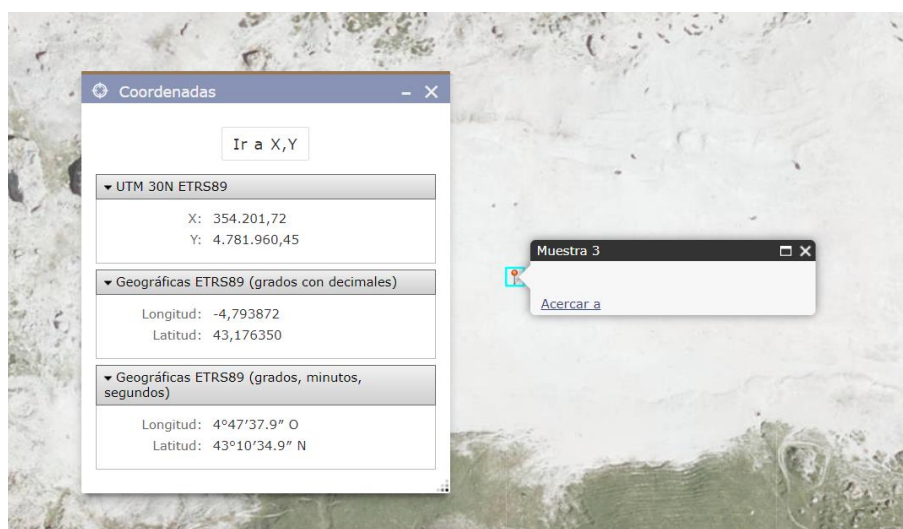


Ilustración 5.3: Muestra en el mapa con diferentes sistemas de coordenadas. FUENTE: mapas.cantabria.es

5.3. ENSAYOS

El sentido de la toma de dichas muestras no es otro que permitir realizar una serie de ensayos en laboratorio para determinar distintas características que otorguen una solución u otra, pero siempre con el fin de obtener respuestas y no más preguntas, y permitir esclarecer en la medida de lo posible el futuro de la calidad ambiental del entorno si es posible y arrojar una solución, intentado buscar la precisión en función de los medios dispuestos durante la realización del trabajo, que quede recogida para su aplicación si quien es responsable de valorarlo lo considera oportuno.

En este caso particular, debido a la situación de medios para desarrollar los ensayos, se van a realizar tratando la balsa de estériles como un suelo.



Ilustración 5.4: Balanza de precisión que se usará durante todos los ensayos. FUENTE: Elaboración propia.

5.3.1. Determinación de la humedad

El primero de ellos, por el orden lógico de cálculo y la situación inicial de las muestras, es el cálculo de la determinación de la humedad. Este ensayo, el más simple de todos, permite conocer el valor de humedad que presentan las muestras que se han conseguido traer al laboratorio. Seguirá la Norma UNE 103-300-93.

Se necesitará, bajo la Norma UNE:

- Balanza de precisión de 0,1 g para muestras con masas comprendidas entre 100 y 1000 gramos y precisión de 1 g para muestras cuya masa sea superior a 1000 gramos.
- Estufa de desecación con temperatura regulable hasta los 115°C.
- Recipientes adecuados, de material resistente a corrosión y masa invariable con calentamientos y enfriamientos.



Ilustración 5.5: Vajillas y cacillos para la manipulación de cada muestra. FUENTE: Elaboración propia.

El paso inicial es pasar las cuatro muestras a cuatro vasijas de manejo más cómodo para la posterior manipulación en el resto de los ensayos. Se realizó el peso en la balanza de precisión antes citada de las vasijas y de las mismas con las muestras ya rellenando en la medida de lo posible pues al traspasar de bolsa a vasija cada muestra se perdió masa por el camino, ya sea por la adherencia de partículas pulverulentas de las muestras a la bolsa o por el rebose de material en la vasija. Así, se recoge en la siguiente tabla las

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

medidas obtenidas en gramos y el valor de la masa seca, pasados cinco días en estufa, para realizar a continuación el cálculo de las humedades de cada una.

Tabla 5.3: Masas de las vasijas y de las muestras antes y después del secado en estufa. FUENTE: Elaboración propia.

MUESTRA	VASIJA	MASA HÚMEDA	MASA SECA
1	256,03	1453,76	1362,25
2	271,8	1391,82	1206,1
3	277,25	1096,88	1042,87
4	198,65	1029,07	889,14

Con los datos en la mano de la masa tras el proceso de secado, se puede proceder a calcular la humedad por medio de la fórmula:

$$\%W = \frac{\text{Masa húmeda} - \text{Masa seca}}{\text{Masa seca} - \text{Masa del recipiente}} \times 100$$

5.3.2. Determinación de la granulometría

El segundo de los ensayos durante la realización de este trabajo ha sido determinar la granulometría de cada una de las muestras. Para ello, se ha utilizado una columna de tamices identificados bajo la regla ASTM USA y con valores comprendidos entre 120 y 400 pues considerando el tamaño de grano que tienen cada una de las muestras tomadas, era la opción que iba a permitir obtener valores más representativos. Queda aquí recogido el hecho de la ausencia de la muestra 4 en este ensayo: si bien es cierto que presenta a simple vista una granulometría variable que podría ser determinada, es el alto contenido en humedad el que no permite completar esta prueba, quedado adherida a los poros de los tamices sin filtrar de manera correcta.

Abertura en mm	USA standard ASTM E 11-61	Número mesh de Tyler (mesh/in.)	British standard (mesh/in.)
0,037	400	400	—
0,044	325	325	—
0,045	—	—	350
0,053	270	270	300
0,063	230	250	240
0,074	200	200	—
0,075	—	—	200
0,088	170	170	—
0,090	—	—	170
0,105	140	150	150
0,125	120	115	120
0,149	100	100	—
0,150	—	—	100
0,177	80	80	—
0,180	—	—	85
0,210	70	65	72
0,250	60	60	60
0,297	50	48	—
0,300	—	—	52
0,354	45	42	—
0,355	—	—	44
0,420	40	35	35
0,500	35	32	30
0,595	30	28	—
0,600	—	—	25
0,707	25	24	—
0,710	—	—	22
0,841	20	20	—
1,00	18	16	16
1,19	16	14	—
1,20	—	—	14
1,41	14	12	—
1,68	12	10	10
2,00	10	9	8

Ilustración 5.6: Tabla de tamices donde se pueden comprobar aquellos regidos por regla ASTM USA. FUENTE: Núñez, C. (2007).

Para este ensayo, se decidió tomar una muestra de 200 gramos, con algún miligramo de variación, y con un tiempo en el tamizador de 10 minutos, porque se considera valores ya suficientes para evitar errores groseros. El recipiente en el que se han vertido los tamices pesa 331,65 gramos, que se tarará para poder realizar el cálculo de 200 gramos por muestra.

Una vez colocados en el orden correspondiente, siendo el de 120 para mayor tamaño de grano que el de 400, se arranca con el tamizador a una velocidad media de 5 y 10 minutos de duración. Cuando haya acabado el proceso, se dispondrán de folios preparados para los gramos depositados en cada tamiz.



Ilustración 5.7: Los tamices colocados, simplemente es encender y configurar tiempo y velocidad. FUENTE: Elaboración propia.

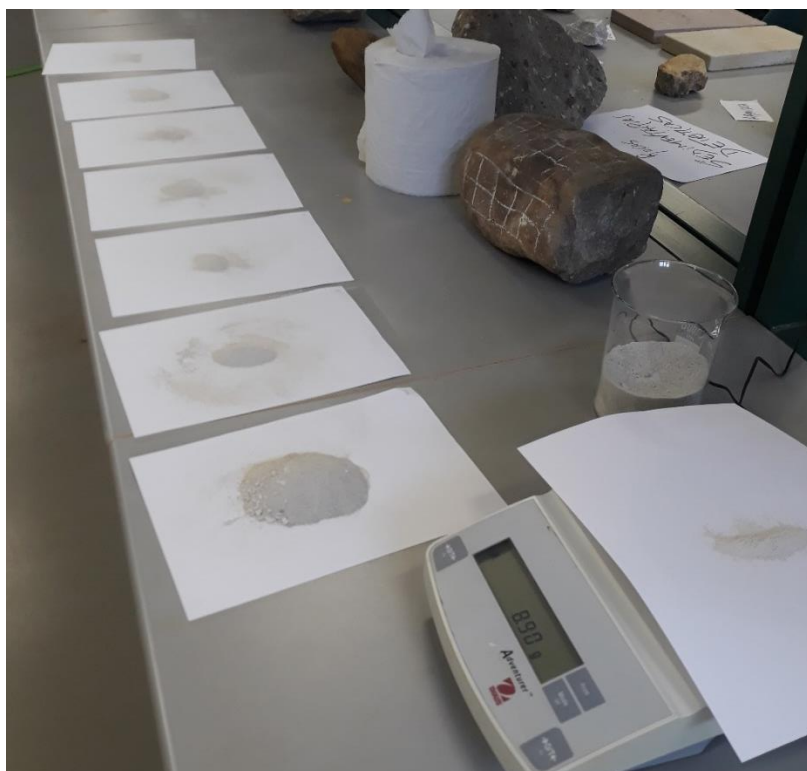


Ilustración 5.8: Los folios de cada tamiz con los gramos acumulados en cada uno, previo paso hacia el pesado posterior. FUENTE: Elaboración propia.

5.3.3. Cálculo de la densidad mediante picnómetro

El picnómetro es un recipiente que permite determinar la densidad de líquidos o sólidos, el cual se va a utilizar para lo propio en las 4 muestras que se poseen. Para ello, el método de obtención de la densidad de sólido que se va a calcular va a ser de manera indirecta, por pesada de volumen de agua existente en el recipiente con y sin muestra de suelo.

El método va a consistir en pesar inicialmente el picnómetro vacío y seco en la misma balanza de precisión que se ha utilizado hasta ahora en el laboratorio. Posteriormente, se recogen 4 muestras a través de envases de plástico de 6,18 gramos propios para la vista en microscopio, idóneas para el tamaño de suelo que se pretende añadir al picnómetro. Importante explicar que se busca el mismo tamaño de muestra, en la medida de lo posible, si bien es cierto que teniendo en cuenta que la masa que se obtenga en las diferentes pesadas van acorde al tamaño de cada muestra y por tanto el valor final va a seguir siendo fiable. Este valor será M1.

Tabla 5.4: Tamaño de las muestras añadidas al picnómetro. FUENTE: Elaboración propia.

NÚMERO DE MUESTRA	MASA, EN GRAMOS
Muestra 1	4,16
Muestra 2	4,52
Muestra 3	5,37
Muestra 4	1,93

Como se puede apreciar, la muestra 4 en comparación tiene significativamente menor masa. Esto es debido al tamaño de grano y la dificultad para que dicha muestra entrase en el envase. Con esto en cuenta, se mide la masa con la muestra.

Una vez añadida el número de muestra correspondiente, el método consiste ahora en añadir agua hasta el enrase. De nuevo, se mide la masa de suelo conjuntamente con agua, que será el valor M3.

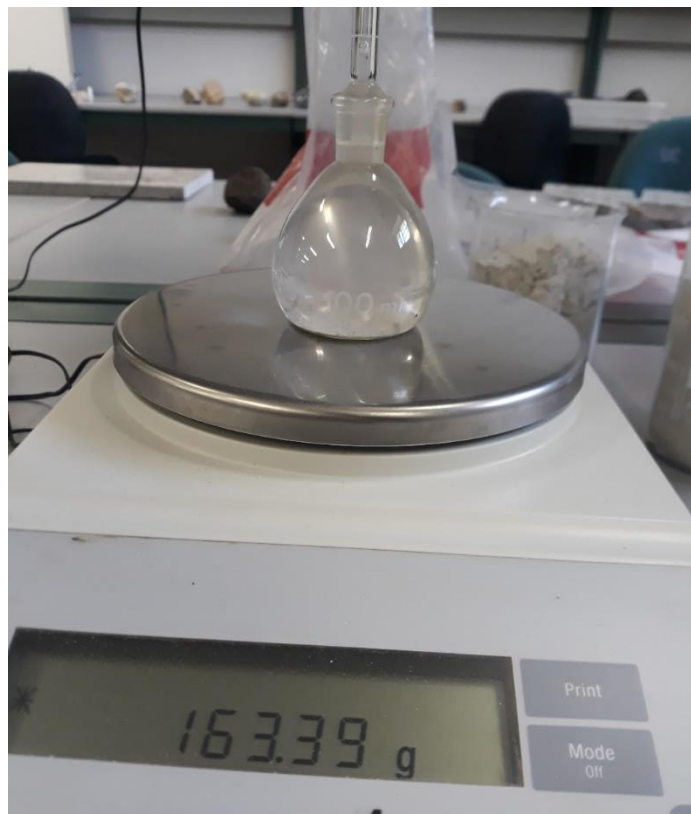


Ilustración 5.9: Foto del picnómetro con la muestra y el agua añadido. FUENTE: Elaboración propia.

El valor M2 será el peso de picnómetro con solamente agua hasta el enrase, una vez se hayan acabado todas las pesadas. Este valor de masa es de 160,83 gramos.

Con todos estos valores, ya es posible calcular densidades, a través de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{M1 + M2 - M3}{d}$$

Siendo d el valor de la densidad en gramos por centímetro cúbico: 1. Con V calculado, a través del cálculo de densidad común a la física elemental, se obtiene el valor de las densidades:

$$D = \frac{M1}{V}$$

5.3.4. Cálculo de la porosidad e índice de poros

El siguiente ensayo en la lista es el ensayo que permite calcular la porosidad en función de densidades y el índice de poros, que se obtiene directamente una vez calculada la porosidad. Por porosidad se entiende el volumen de suelo ocupado por fase líquida y/o

gaseosa, de gran relevancia en la penetración de agua, difusión de gases, etc. La ecuación para calcular el valor de la porosidad, P , será:

$$P = \frac{\rho_{REAL} - \rho_{APARENTE}}{\rho_{REAL}} (\%)$$

Para empezar, hay que diferenciar los términos:

- El valor de ρ_{REAL} será el previamente obtenido por el método del picnómetro. Ya está calculado para este ensayo.
- En el caso de $\rho_{APARENTE}$, será el valor obtenido a través de una ecuación en la que intervienen:

$$\rho_{APARENTE} = \frac{M_{Probeta+muestra} - M_{Probeta}}{V_{APARENTE}}$$

Donde se deben calcular las masas simplemente pesando como se explicará más adelante y, en el caso del volumen aparente, será el valor en mililitros que ocupa la muestra tras un proceso de 20 golpes a la probeta hasta estabilizar y compactar todo el material.

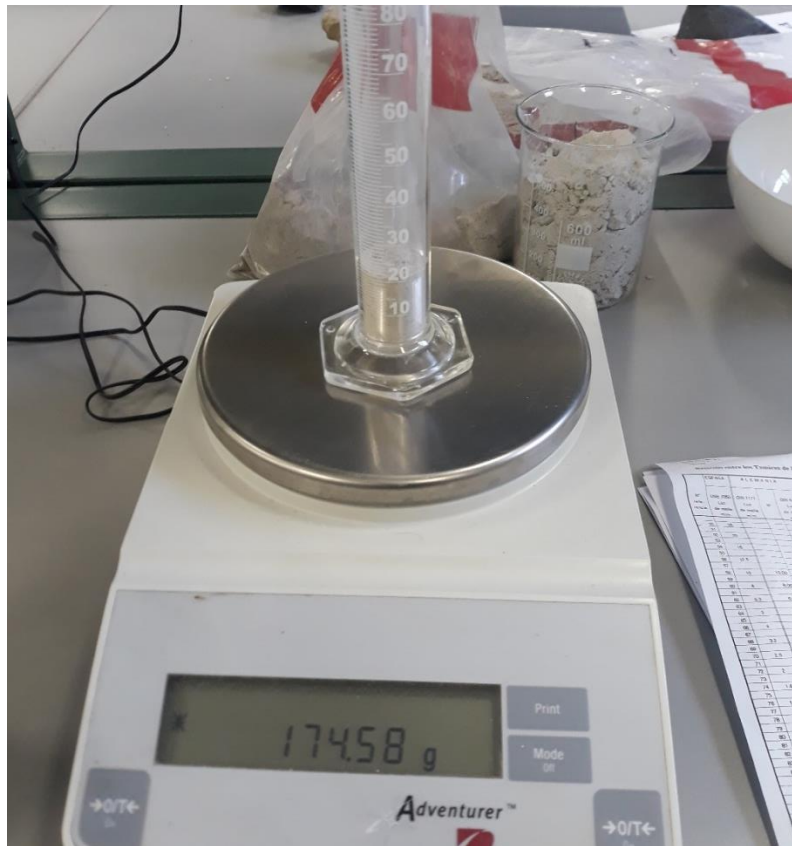


Ilustración 5.10: En la foto, la probeta con la muestra de suelo sobre la balanza de precisión. FUENTE: Elaboración propia.

El proceso es sencillo: se mide la masa de la probeta a utilizar, en este caso de 100 mililitros. Acto seguido, se añade una cantidad de masa similar entre todas las muestras, por simple comodidad pues esto no es relevante en el cálculo final. Medida la masa de la probeta más la muestra de suelo correspondiente, el siguiente paso es golpear la base de la probeta unas veinte veces, lo cual permite estabilizar y compactar el suelo de forma que las vibraciones hacen que los granos se unan entre sí tapando los huecos, poros, reduciendo sensiblemente el volumen que ocupa el cuerpo. Este volumen será el que se va a anotar para el cálculo final.

Para completar el ensayo se calculará el índice de poros. Este valor, e , vendrá dado por:

$$e = \frac{P}{1 - P}$$

5.3.5. Cálculo de la capacidad de retención del agua

Para terminar, se procederá con el cálculo de la capacidad de retención de agua. Relacionado a la porosidad, previamente calculada, el agua de lluvia que actualmente actúa sobre la presa puede ser absorbida o fluir a través de los poros que contiene. Esto último dependerá únicamente del tamaño y forma de los poros, lo cual dará lugar a una mayor o menor capacidad de retención de agua. Al tiempo, deberá tenerse en cuenta que afectará la permeabilidad del suelo, que es la velocidad del fluido a través de los poros de un suelo y, si es alto, el agua de lluvia lo penetrará más fácilmente.

Para proceder a este último ensayo, se contará con porciones de las cuatro muestras, un recipiente donde se deposite el agua filtrada, embudos y papel filtro para la prueba y una probeta donde medir el agua retenida respecto al vertido inicialmente.

En un primer momento, se va a considerar una determinada cantidad de cada una de las muestras, en este caso sin tener en cuenta la número 4. La razón es el alto contenido en humedad que presenta y la problemática en cuanto al resultado falseado que se puede llegar a obtener, como pasaba en la granulometría.

Con la masa controlada, se vierte a un embudo con papel filtro para posteriormente añadir 120 mililitros de agua en los 3 procesos idénticos. En este caso, sí es estrictamente obligatorio verter la misma cantidad de agua y masa pues es necesario comprobar en las mismas condiciones.



Ilustración 5.11: La muestra número 2, junto al sistema recipiente-embudo una vez ya ha filtrado el agua durante un día. FUENTE: Elaboración propia.

Es importante antes de comenzar este ensayo comprobar, o al menos conocer, que las muestras han sido secadas durante tres días al menos. En el caso que ocupa, como se ha realizado después del cálculo de humedad inicial que obligaba a secar durante cinco días, esto se cumple.

5.3.6. Otros ensayos

En este epígrafe, se incluyen ensayos no habituales que se han querido realizar para aportar información interesante y de apoyo sobre el material que compone la balsa.

5.3.6.1. Reacción al ácido clorhídrico diluido

El CO_3Ca de las rocas calizas reacciona con HCl diluido al 10% formando cloruro cálcico, CO_2 y agua. El CO_2 produce burbujas, que se manifiestan como una efervescencia propia de este tipo de roca cuya composición mineral es de un 90-95% calcita (mineral cuya composición química es CaCO_3). La reacción es:



El proceso de separación de la mineralización de las minas de Áliva de su roca encajante deja un estéril que es el material objeto de este estudio.

Se han tratado las cuatro muestras con HCl diluido al 10%, obteniéndose una clara efervescencia y además un intenso olor a “huevos podridos”. Este olor puede ser debido a la existencia de caliza de montaña, formación rocosa de los Picos de Europa que contiene materia orgánica que reacciona con el HCl produciendo ese típico olor, o puede ser debido a la existencia de sulfuros.

5.3.6.2. Estudio al microscopio DINO LITE

Para comprobar la composición del material que forma la balsa, se necesitarían hacer ensayos químicos que no son posibles en este trabajo, por lo que se ha optado por estudiar las muestras obtenidas del dique a través de un microscopio petrográfico marca DINO LITE que ha permitido obtener fotografías de los granos que conforman las muestras.

Este microscopio presenta las siguientes características: Sensor Edge de 5 megapíxeles, aumento de 20-220x, polarizador integrado, armazón de aluminio, lectura de aumentos automática (AMR) y control de LED flexible (FLC).

Las fotografías obtenidas se muestran en el capítulo de resultados.

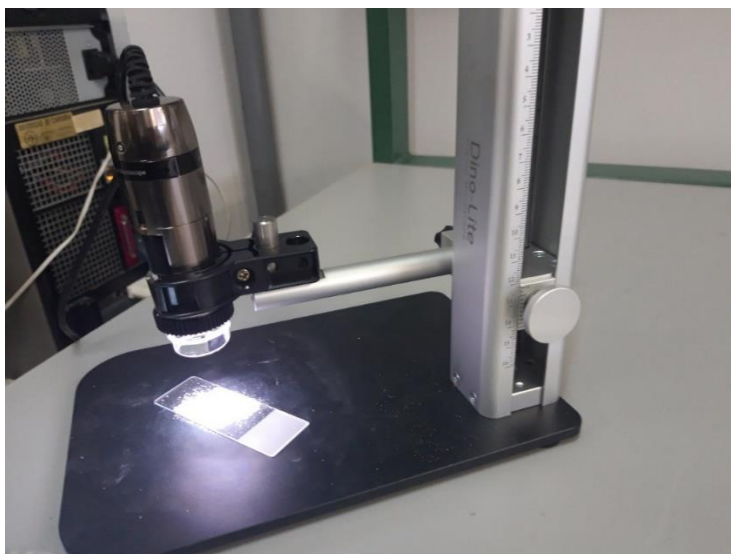


Ilustración 5.12: Foto del microscopio DINO LITE. FUENTE: Elaboración propia.

5.4. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE LA ELIMINACIÓN DEL DIQUE

5.4.1. El paisaje y su estudio

Como un trabajo que trata de afrontar la posibilidad de cambio de la situación actual de la presa de residuos de la Mina Las Mánforas, no solamente se va a apoyar en los resultados numéricos con ensayos de pequeñas muestras como origen sino, también y necesariamente, en un estudio de viabilidad económica y logística para la aplicación de algún método suficiente y necesario para la eliminación.

Cuando se habla de cualquier proyecto en un espacio natural, entendiéndose el espacio natural como aquella zona virgen sin huella humana, se produce una alteración evidente e inevitable del paisaje, entendiéndose este de múltiples formas. Dunn (1974) lo definió como el “complejo de interrelaciones derivadas de la interacción de rocas, agua, aire, plantas y animales”. Si bien es cierta la definición que aplica, refiriendo este trabajo en todo momento al valor paisajístico pre y post actividad minera, Laurie en 1970 recoge el paisaje como “escenario de la actividad humana”. Si pudiesen ambas convergir en una única acepción, podría definir el paisaje como todas aquellas relaciones subyacentes del ecosistema presente bajo alteración tanto natural como humana.

El terreno que hoy está presente en el día a día de los quehaceres humanos es fruto de la alteración temporal que ejercen diversos elementos que confluyen en un espacio de tiempo determinado. Así, la velocidad de modelación del mismo es dependiente de las causas que lo producen. Las humanas, por cuestión lógica, derivan en un incremento de la velocidad de deformación, pues nunca conlleva cambio a mejor calidad ambiental, del paisaje.

Como patrimonio natural y cultural en función de los procesos a los cuales se ha visto sometido, el estudio del paisaje es un ejercicio básico para la restauración ambiental más fundamental, conforme permitirá posteriormente modelar el terreno y una aplicación de restauración determinada. Conocer el valor paisajístico del entorno y la alteración formada en el espacio que nos ocupa es determinante para determinar qué tipo de medidas correctoras van a ser necesarias. Para el estudio, diversas teorías entran en juego, como es el caso de la propuesta por Smardon (1979), donde recoge una serie de elementos visuales para la elaboración de un resultado preciso de cara a la percepción humana: la forma, la línea, el color, la textura, la escala y el espacio. Dichos elementos, en función del entorno, variarán y darán un resultado paisajístico diverso en función del valor que tomen: por ejemplo, la presa de residuos objeto de estudio no será igualmente percibida si está a una distancia u otra, como variará si presenta diferentes colores y matices. [19]

5.4.2. Alteración del paisaje por efecto minero

Las actividades mineras generan siempre un efecto visual y cualitativo negativo para el entorno. Esta alteración puede deberse al contraste que generan las instalaciones frente al paisaje natural, y puede darse tanto en forma y línea a través de la geometría de las escombreras o presas, como en color si es una cantera de explotación en una zona verde en términos cromáticos.

El Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería (1989) recoge la importancia de los elementos físicos de la explotación: [13]

- Dominancia de los elementos en escala, en función de “la ocupación relativa de cuencas visuales en términos de área del plano visual relativo”.
- Dominancia por posición, función de “la relación espacial de la explotación con los componentes dominantes del paisaje”.

5.4.3. Zonas de impacto visual

Como consecuencia directa de la excavación, las alteraciones más importantes son aquellas producidas a nivel fisiográfico. Tomando esta premisa, los Planes de Restauración se antojan necesarios para la consecución de una buena restauración ambiental de una actividad de este tipo.

Estos cambios, alteraciones, se producen debido a excavaciones de grandes oquedades, depósitos de estériles de gran volumen y material no natural en la superficie del entorno, y, sin olvidar, toda aquella muestra de actividad humana en el entorno en cuanto a logística necesaria para lograr el objetivo inicial: caminos generados, instalaciones, líneas eléctricas, etc. Considerando los apuntes del Manual de Restauración, los cinco grandes grupos fuente de impacto visual son: [13]

- Áreas de excavación, si altera el macizo rocoso en exceso o depende de muchas pequeñas excavaciones, contrasta con la actividad natural del entorno o con su color.
- Escombreras de estériles, las cuales producen una alteración paisajística importante en función del material que se deposita, sus dimensiones, estabilidad o volumen de material estéril a depositar.
- Instalaciones fijas mineras, en función del tipo de mineral y de su concentración.
- Equipos móviles que operan en el área.
- Polución del agua y aire por emisión de contaminantes.

5.4.4. Cuestiones ambientales en escombreras

Es un hecho que los minerales presentan una disposición aleatoria a lo largo de la superficie terrestre accesible, y por tanto no permiten una ordenación de las instalaciones mineras libre, resultando en la integración paisajística de las mismas. Es en los huecos generados en exterior donde se decide colocar el elemento denominado escombrera, presa de residuos, balsa de estériles...

Considerando posibilidades, los estériles pueden ser reubicados o restaurados, a través de vegetación o debidamente remodelados. En caso de que no puedan ser reubicados, siempre se cumple la situación de que alcanza una cota superior a la original, al ser un depósito continuo que hace las labores de vertedero. Al tiempo, hay que plantear la rentabilidad económica de la revegetación y si el suelo ocupado por el mismo está mineralizado. Entran en juego diversas ventajas ópticas junto a estos condicionantes, como son: [13]

- Disposiciones horizontales son más agradables al ojo humano.
- Una situación de la masa en ladera ayuda a desprestigiar la parte lejana.
- La altura de la escombrera, si es inferior a la del entorno envolvente, no destaca en el horizonte visual.
- Líneas y cortes curvas producen menos conflicto visual y no acentúan formas y volúmenes.
- Litologías con colores fríos reducen sensación visual.

5.4.5. Usos potenciales del suelo

Las instalaciones mineras de extracción suponen un uso de suelo continuo durante el periodo de beneficio del yacimiento, siendo en el caso de Las Mánforas de más de 100 años, margen de tiempo suficiente para producir una modificación de la zona pre y post proyecto que deriva en una necesidad casi imperiosa de realizar responsablemente un reaprovechamiento o remodelado de dicha instalación, conforme permita mejorar la calidad de vida, no solo de los lugareños, sino de flora y fauna.

El objetivo aquí no es únicamente la eliminación per se, sino un uso productivo del suelo actual presente en los Puertos de Áliva, sin producir otro impacto ambiental derivado del mismo. Aquí se diferencian términos:

- Restauración, si lo que se pretende es recuperar situación ante proyecto.
- Rehabilitación o recuperación, si se pretende un nuevo aprovechamiento.

Por Coppin y Bradshaw (1982), se recogen usos posibles en la siguiente tabla, siendo el valor 1 un uso principal, y el 2 uso secundario: [5]

Tabla 5.5: Usos potenciales del suelo. FUENTE: Coppin y Bradshaw, 1982.

USOS POSIBLES	ESCOMBRERAS	
	ESCARPADA	NIVELADA
Uso original		2
Agrícola		1
Forestal	2	1
Recreativo intensivo y deportivo		2
Recreativo extensivo y parques	2	2
Conservación de la naturaleza	2	2

5.4.6. La revegetación como foco principal de uso

Teniendo en cuenta las dimensiones de la balsa a recuperar y la dificultad para un uso múltiple, las posibilidades se reducen tanto a la eliminación para la situación anteproyecto como a la revegetación, siendo esta última como antes se indica la elegida.

A través de Williamson (1982), se puede comprobar qué especies vegetales se recomiendan para cada uso potencial: [22]

Tabla 5.6: Tabla de especies vegetales en función de los usos de suelo. FUENTE: Williamson et al., 1982.

USO	TIPO DE ESPECIES VEGETALES
Agrícola	Especies agrícolas que proporcionan un establecimiento rápido de cubierta vegetal y productividad.
Hábitat para la fauna	Variedad de especies autóctonas y naturalizadas. Aquellas que proporcionan semillas, frutos, sitios para nidificar, etc.
Uso original; restablecimiento de la vegetación	Especies autóctonas. Especies que se regeneren, para pasto.
Recreativo	Especies tolerantes para uso deportivo, pisoteo, de baja productividad.

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

Es contraproducente establecer un uso recreativo de aprovechamiento directo, generando ruidos, reestructuración del terreno y permitiendo una potencial aglomeración que acaba degenerando en otra situación a analizar, por lo que por propuesta personal con vista a un reaprovechamiento útil y longevo, esta posibilidad queda desechada. No es objeto personal realizar un trabajo que conlleve a una problemática futura, sino permitir una integración lo más natural posible.

Parecen soluciones más obvias y apropiadas aquellas que permitan un uso agrícola sino recuperador del entorno ante proyecto, tanto a nivel económico con la implantación de especies como por la inmediatez en la aplicación directa. En los Resultados se plantearán y resolverán los distintos usos planteados. Se tomará en cuenta las dos tablas siguientes, de importancia relativa de diversos factores para la determinación de un uso adecuado. En ellas, la numeración del 1 al 3 suponen el grado de influencia de mayor a menor grado, respectivamente.

Tabla 5.7: Importancia relativa de los factores geoambientales en la determinación del uso adecuado de terrenos.
FUENTE: Clar y Ramani, 1986.

FACTORES GEOAMBIENTALES	USOS DEL TERRENO						
	FORESTAL	RECREATIVO	AGRÍCOLA	RESIDENCIAL	INSTITUCIONAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL
Relieve topográfico	2	3	1	2	2	2	2
Pendiente	1	3	1	2	1	1	1
Altitud	2	3	2	3	3	3	3
Exposición	2	3	2	3	3	3	3
Drenaje	1	3	1	1	1	1	1
Temperatura	1	2	1	3	3	3	3
Precipitación	1	2	1	3	3	3	3
Consolidación de los estériles	2	2	1	2	3	3	3
Suelos en función de propiedades agrícolas	2	2	1	3	3	3	3
Suelos en función de propiedades técnicas	3	3	2	1	1	1	1

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

Tabla 5.8: Importancia relativa de los factores culturales en la determinación del uso adecuado de terrenos. FUENTE: Clar y Ramani, 1986.

FACTORES CULTURALES	FORESTAL	RECREATIVO	AGRÍCOLA	RESIDENCIAL	INSTITUCIONAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL
Localización	3	1	2	1	1	1	1
Accesibilidad	3	2	3	1	1	1	1
Tamaño y forma del área	3	3	1	2	2	1	1
Usos del terreno en el entorno	3	2	3	1	1	1	3
Propiedad de los terrenos	3	2	3	2	2	2	2
Tipo e intensidad del uso	3	3	3	1	2	1	2
Características de la población	3	2	2	1	2	1	2
Limitaciones legales	3	2	2	1	1	1	1
Actitudes de la compañía	2	2	2	1	1	1	1

Todos estos valores asociados al efecto de factores se tendrán en cuenta para la toma de una solución adoptada para este trabajo.

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DE LOS VALORES DE HUMEDAD

Después de los cinco días establecidos para la desecación en estufa de las muestras, se pudieron comprobar los valores de humedad obtenidos por medio del planteamiento antes redactado. Así, los valores fueron de:

Tabla 6.1: Tabla de valores de muestras antes y después del secado. FUENTE: Elaboración propia.

MUESTRA	VASIJA	MASA HÚMEDA	MASA SECA
1	256,03	1453,76	1362,25
2	271,8	1391,82	1206,1
3	277,25	1096,88	1042,87
4	198,65	1029,07	889,14

Posteriormente, se procede al cálculo de la humedad como se establece en el apartado de metodología correspondiente. Los valores son:

Tabla 6.2: Valores de humedad de las muestras. FUENTE: Elaboración propia.

MUESTRA	CONTENIDO EN HUMEDAD %
Muestra 1	8,27
Muestra 2	19,88
Muestra 3	7,05
Muestra 4	20,27

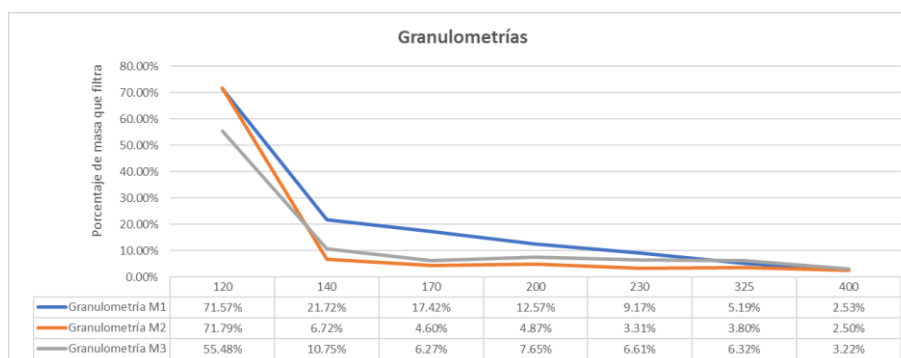
Los resultados obtenidos representan una certeza que se tuvo en cuenta en la toma de datos: las muestras 2 y 4, principalmente esta última, fueron tomadas en puntos donde había afloraciones de agua o río directamente, lo cual demuestra el valor de dicho contenido en humedad.

6.2. RESULTADOS DE LAS GRANULOMETRÍAS

Una vez realizado el pesado de las 3 granulometrías, estos son los resultados del ensayo. Se tiene en cuenta la resta del peso de los folios correspondientes:

Tabla 6.3: Valores de las granulometrías de cada muestra. FUENTE: Elaboración propia.

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	TAMIZ
237,71	239,29	239,51	
170,14	171,79	132,89	120
15,94	16,07	25,74	140
10,23	11	15,01	170
11,53	11,65	18,32	200
8,07	7,91	15,82	230
9,46	9,1	15,14	325
6,32	5,98	7,71	400
6,02	5,79	8,88	RESTO



Gráfica 6.1: Curvas de granulometría de cada muestra. FUENTE: Elaboración propia.

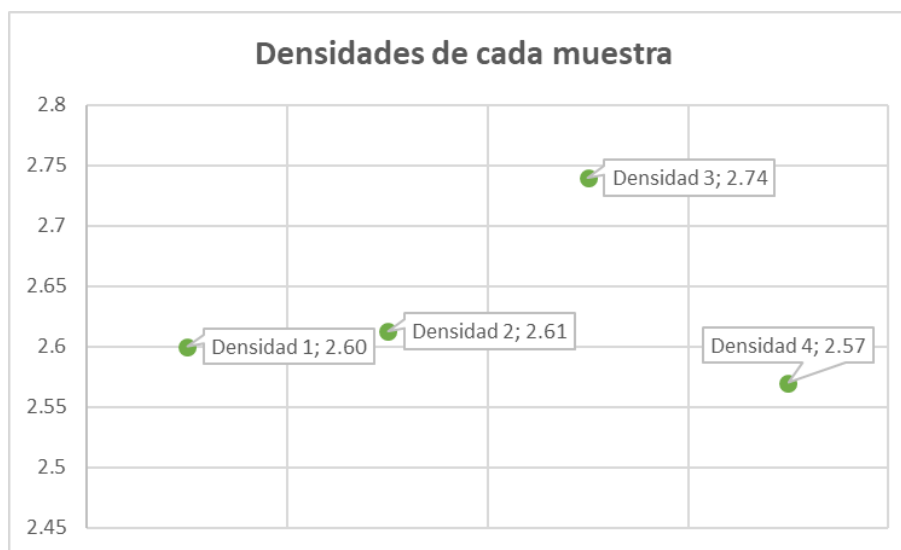
Como se puede apreciar tanto a nivel numérico como gráfico, es en el primer tamaño de tamiz 120 donde más muestra queda retenida, debido al tamaño de grano. La diferencia con la muestra 3 es evidente y se explica porque dicha toma se realizó en un punto medio del dique, mientras que las dos primeras fueron tomadas a lo largo del perímetro, entorno que puede incorporar pequeñas piedras ajenas, ramas o grano menos compacto.

6.3. RESULTADOS DE LA DENSIDAD CON PICNÓMETRO

Con el procedimiento marcado, los valores de masa medidos con la balanza de precisión son los siguientes recogidos en formato tabla:

Tabla 6.4: Tabla de medidas necesarias para el método por picnómetro. FUENTE: Elaboración propia.

NÚMERO DE MUESTRA	MASA DE PICNÓMETRO CON MUESTRA	MASA DE PICNÓMETRO CON MUESTRA Y AGUA
Muestra 1	64,57	163,39
Muestra 2	65,01	163,62
Muestra 3	65,83	164,24
Muestra 4	62,4	162,01



Gráfica 6.2: Valores de densidad hallados. FUENTE: Elaboración propia.

Las muestras poseen valores de densidad no muy alejados entre sí. Con un valor medio de 2,63 gramos por centímetro cúbico está próximo al valor de densidad de la caliza, roca reina por decreto de todo el macizo de Picos de Europa, por lo que pueden ser resultados perfectamente válidos. En el caso de la diferencia en la muestra 3 y 4, posiblemente la explicación sea la siguiente:

- La muestra 3 ha sido tomada en un punto hacia el centro del dique, sin influencia de afloraciones húmedas ni materiales de laderas cercanas, únicamente el

material propio de la balsa de estériles. Las muestras 1 y 2, al ser tomadas en el borde sur, pueden contener trazas de madera u otros elementos menos pesados.

- La muestra 4, siempre la más dispar, puede presentar materiales menos densos al proceder de muestra de río y, por tanto, haber sufrido procesos de metamorfismo o metasomatismo.

6.4. RESULTADOS DE LA POROSIDAD

Tabla 6.5: Tabla de valores de densidad y porosidad. FUENTE: Elaboración propia.

NÚMERO DE MUESTRA	MASA DE PROBETA CON MUESTRA	VOLUMEN OCUPADO, EN MILILITROS	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD REAL, POR PICNÓMETRO	POROSIDAD (%)
Muestra 1	174,59	21	1,59	2,6	38,84
Muestra 2	169,09	18	1,55	2,613	40,66
Muestra 3	180,71	24,5	1,615	2,74	41,05
Muestra 4	161,89	14,5	1,43	2,57	44,36

Con los valores de porosidad se puede interpretar lo siguiente: como queda demostrado, la situación en la que se encuentra cada una de las muestras de suelo no determina el valor de porosidad resultante y sin embargo, determina la aireación del suelo como tal y en general y el efecto que puede tener el agua, por nombrar un elemento frecuente en Picos de Europa hablando respecto al clima, en el volumen que ocupa esta presa de residuos. Breña (2016) recoge una clasificación de suelos según el valor de la porosidad. En nuestro caso, entre el 40-45%, correspondería a un suelo ligero y, en efecto, in situ el comportamiento es similar a una agrupación arenosa. [6]

Por último, queda recogido el valor de índice de poros:

Tabla 6.6: Tabla con valores de índice de poros respectivos. FUENTE: Elaboración propia.

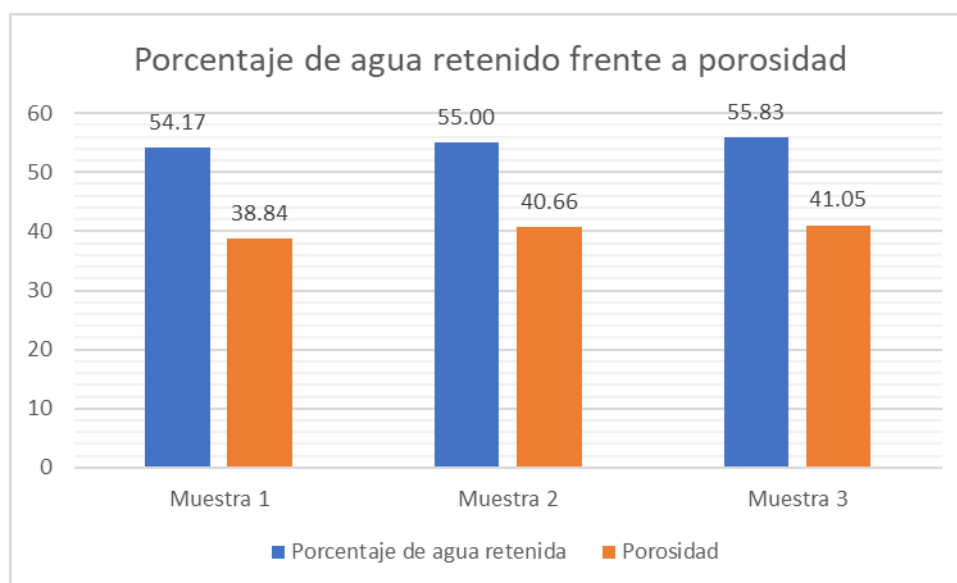
NÚMERO DE MUESTRA	POROSIDAD	ÍNDICE DE POROS
Muestra 1	38,84	0,64
Muestra 2	40,66	0,685
Muestra 3	41,05	0,696
Muestra 4	44,36	0,797

6.5. RESULTADOS DE LA RETENCIÓN DE AGUA

En los tres casos, se ha dejado el ensayo durante un día en estufa sin humedad, pues la velocidad de filtrado era lenta y requería de un tiempo para completarse. Se ha considerado un día debido a la masa y la cantidad de agua vertida. Con el agua que ha conseguido filtrarse, por medio de una probeta se obtiene el valor en mililitros. Así, la tabla de resultados en este caso será:

Tabla 6.7: Tabla de porcentajes de agua filtrada. FUENTE: Elaboración propia.

NÚMERO DE MUESTRA	AGUA AÑADIDA (ml)	AGUA FILTRADA	AGUA RETENIDA	PORCENTAJE DE AGUA RETENIDA	POROSIDAD (%)
Muestra 1	120	55	65	54.17%	38.84
Muestra 2	120	54	66	55.00%	40.66
Muestra 3	120	53	67	55.83%	41.05



Gráfica 6.3: Comparación de retención de agua frente a porosidad, por muestra y en porcentaje. FUENTE: Elaboración propia.

Considerando la muestra 3 como la de mayor relevancia en cada uno de los ensayos, pues representa un punto cercano al centro de la balsa y por tanto no se ve afectada por elementos ajenos a la propia composición de la misma, se ve que retiene algo más del 50% de agua vertida, lo cual puede dejar entrever que grandes masas de agua con suficiente empuje podrían desplazar el contenido de dicha presa de residuos.

6.6. RESULTADOS DEL ENSAYO: REACCIÓN CON HCl DILUIDO AL 10%

Como se observa en la fotografía 6.2, la reacción de las muestras al HCl diluido al 10% es intensa lo que confirma que la composición mineral del dique es fundamentalmente CO_3Ca . Por otro lado, como se ha comentado anteriormente, el fuerte “olor a huevo podridos” de las muestras, especialmente de la muestra número 3, la muestra tomada en un punto cercano al centro del dique. Indica la presencia de materia orgánica o de sulfuros.



Ilustración 6.8: Foto de la muestra 3, sin HCl. Fuente: Elaboración propia.

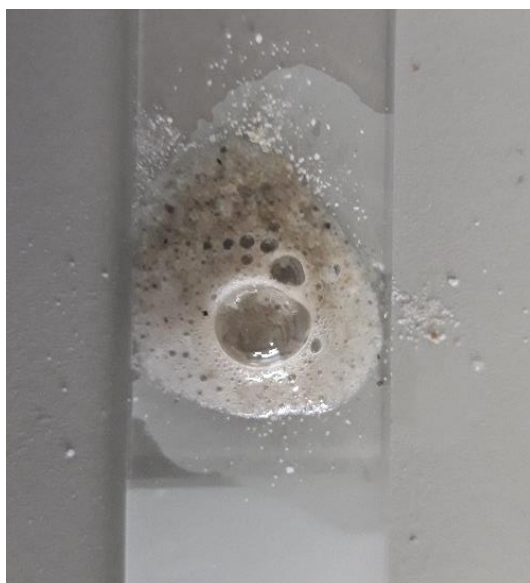


Ilustración 6.9: Muestra con HCl diluido al 10%, sufriendo el proceso de efervescencia. FUENTE: Elaboración propia.

6.7. RESULTADOS DEL ENSAYO: ESTUDIO AL MICROSCOPIO DINO LITE

En el estudio microscópico del material que compone la balsa se observa que la composición mayoritaria del mismo son granos de calcita. Ocasionalmente se observan granos de color ámbar de blenda, así como grises que son de caliza oscura, caliza de montaña.

En la muestra 1 (Ilustración 6.10), se aprecia la existencia de granos de caliza oscura, probablemente caliza de montaña.



Ilustración 6.10: Fotografía al microscopio de la muestra 1. FUENTE: Elaboración propia.

En la muestra 2, junto con una gran mayoría de granos de calcita, se observan granos de pequeño tamaño de blenda acaramelada que, en conjunto, suponen una proporción que no alcanza 0.1%.



Ilustración 6.11: Fotografía al microscopio de la muestra 2. FUENTE: Elaboración propia.

La muestra 3 no presenta restos de blenda acaramelada, en ella se observan bien los granos de calcita y algunos de caliza gris.



Ilustración 6.12: Fotografía al microscopio de la muestra 3. FUENTE: Elaboración propia.

En la muestra 4, los granos aparecen machacados y presenta existencia de material más fino tipo arcilla.



Ilustración 6.13: Fotografía al microscopio de la muestra 4. FUENTE: Elaboración propia.

6.8. RESULTADOS DE LA CUBICACIÓN

Para la resolución de este apartado, ha sido necesario recopilar y dibujar los puntos de la balsa como se ha indicado en el apartado correspondiente de la metodología de trabajo.

Tras la realización del dibujo a AutoCAD (Plano 3), los valores obtenidos en superficie han sido de 25521,18 metros cuadrados, junto a unos valores propios de:

Tabla 4.8: Valores analíticos de la cubicación. FUENTE: Elaboración propia.

SUPERFICIE (m ²)	VOLUMEN (m ³)	ALTITUD MÁXIMA (m)	ALTITUD MEDIA	ALTITUD MÍNIMA	TALUD MEDIO
25521,18	34070,78	1602,12	1597,39	1585,37	11,88%

Los datos obtenidos permiten hacer estimación de la revegetación como proyecto de restauración y estimar en la medida de lo posible unos costes más precisos. Igualmente, la disposición del dique no permite un cálculo idóneo del volumen.

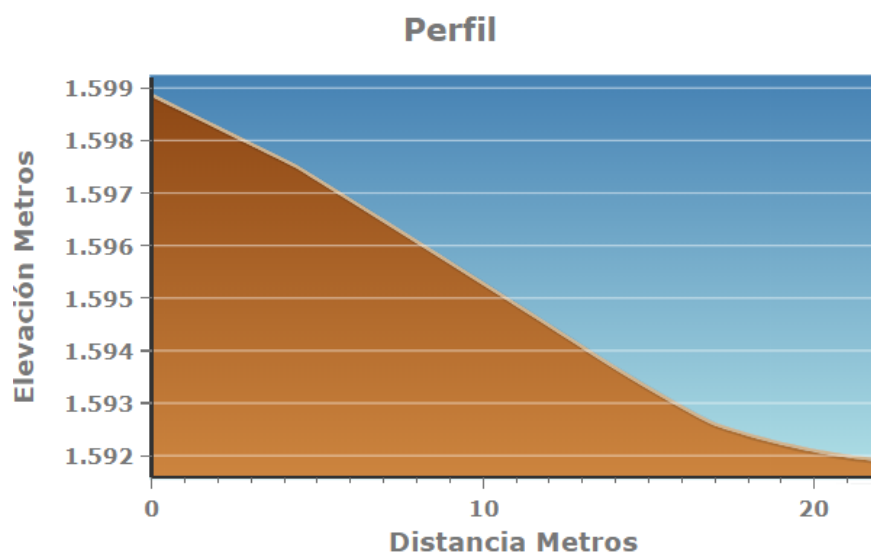
6.9. ANÁLISIS DE LA RESTAURACIÓN

Como todo terreno afectado por procesos de explotación, la restauración del mismo debe ser punto y final necesario y debidamente completado de cara a un entorno correctamente integrado de nuevo. Al igual que antes, bajo las indicaciones del Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGME) en la restauración de terrenos y evaluación ambiental, se puede indicar lo siguiente: [13]

- Estabilidad de las estructuras a largo plazo: La búsqueda de estabilidad de la estructura a largo plazo bajo la situación del nivel freático no ha hecho alterar un ápice de la presa. La corona del dique se mantiene intacta, el talud posee la misma inclinación que durante el período de actividad extractiva y no posee sistemas de drenaje o refuerzos con escombro. Si bien es cierto que la propia estabilidad aumenta conforme cesa el vertido de residuos y por tanto de agua exterior, no se encuentra en una zona de poco aporte hidrológico, totalmente lo contrario, condicionando la situación del dique tanto por desbordamiento como por erosión. Esto pone de manifiesto que la estabilidad en vida útil no tiene por

qué corresponderse con la vida post actividad. Si la presa se decide construir para una vida de 20 años y un retorno de inundación de 500 años, esto quiere decir que la probabilidad de rotura es del 4%, probabilidad que ya hace factible cualquier suceso catastrófico. Conforme se superen los años máximos de retorno de inundación, la probabilidad crecerá exponencialmente. Entidades como el ITGME recogen abordar el diseño con el Índice de Inundación Máxima Posible (IMP) y utilizar pendientes de drenaje de entre 0,5-1%.

- Protección frente a los procesos erosivos a largo plazo: En el caso de protecciones frente a sucesos erosivos, asalta la duda antes planteada: enfermedades generadas en el ganado, ¿derivan de erosiones eólicas que transportan material? Siendo esta premisa una posible respuesta, nos toca afrontar posibles soluciones. En el caso de los taludes de cara a contener el transporte de material contaminante, sí se aprecia unos valores de taludes dentro de lo correcto, pues están comprendidos entre 3:1 y 5:1 en diferentes caras del dique.



Gráfica 6.4: Los taludes del dique entran dentro de lo establecido, en proporciones de 3:1 a 5:1. FUENTE: mapas.cantabria.es

Tampoco presenta ningún tipo de revestimiento vegetal que integre la presa al paisaje al tiempo que reduce la acción erosiva por agua y viento.

- Prevención de la contaminación ambiental: Durante la realización de ensayos ciertamente se apreció un comportamiento arcilloso en el material del dique, puede que debido a un recubrimiento con una capa tal que permite reducir la contaminación de minerales debido a oxidación tras el cese de descarga de lodo

TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA. PICOS DE EUROPA. CANTABRIA

y reducción del nivel freático, de cara a la reducción de vertido contaminante a aguas subterráneas. Un punto importante para considerar en la prevención de contaminación ambiental es la posibilidad de desarrollo de determinadas plantas en sus raíces para alcanzar el nivel de los lodos y llevar a superficie elementos contaminantes. (Cline, 1979; Redente et al, 1985). También pequeños mamíferos pueden realizar este transporte biológico.

- Puesta en uso productivo de los terrenos recuperados: En el caso de la puesta en uso del terreno, apenas el aprovechamiento agrícola ha tenido su hueco. Ni la recuperación de minerales ni las cubiertas vegetales con especies autóctonas han entrado en juego aquí.

¿Hasta qué punto se ha llevado una restauración de la mina, y en concreto de la presa?

6.10. HIPÓTESIS DE REVEGETACIÓN

Con el objetivo claro de aportar una solución por somera que suponga, se decidió establecer en el presente trabajo una revegetación de la presa de residuos de la Mina Las Mánforas. Por su estabilidad de taludes y su distribución espacial, parece idóneo establecer una cubierta vegetal de cara al aprovechamiento agrícola u original previo a la situación del entorno previo proyecto.

Esta hipótesis nace del resultado de analizar en campo la situación de la presa, y sus valores numéricos de los ensayos previos, que no esclarecen con excesiva rotundidad que se pueda desplazar un volumen de semejante tamaño con facilidad, siendo responsabilidad fuera de este estudio el tratado del material en función de diferentes valores económicos que no se alcanza aquí a conocer. Para la realización de este ejercicio, se tiene en cuenta lo aprendido previamente por Smardon, Williamson, Coppi, Ramani, Coppin y Bradshaw. [4] [5] [19] [20] [22]

Así, valorado la distribución espacial de la presa, en horizontal, se tiene en cuenta que el impacto visual ejercido por la misma es reducido, no suponiendo valores altos de cota frente al entorno ni relieve agresivo ni a través de líneas rectas. Esto se verá reducido si se establece una cubierta vegetal que coloree dicha presa mimetizándola con el entorno circundante, consiguiendo una integración paisajística idónea y útil.

No únicamente hay que reducir el resultado a las propiedades geométricas del cuerpo: por la localización que presenta el cuerpo accesible vía pista, aportar material que cubra la superficie es relativamente fácil y asequible, aprovechando los viejos caminos mineros que en su momento se realizaron. La lejanía de núcleos de población y la poco frecuente

visita turística a las minas resultan también determinantes para la toma de este supuesto.

Es por tanto necesario, a partir de aquí, definir la vegetación en especies y presupuesto.

6.10.1. Factores climáticos que considerar

La situación del clima es una de las variables más importantes, por la influencia en los materiales y en los procesos biológicos. Se agrupan aquí la radiación solar, la precipitación, la temperatura y el viento.

- La radiación solar es el factor más esencial al permitir la fotosíntesis y fuente de calor del medioambiente. Las necesidades de la vegetación varían en función de cantidad total recibida como distribución estacional y diaria. En Cantabria, el valor de radiación está comprendido entre 4 y 4,4 kWh/m².

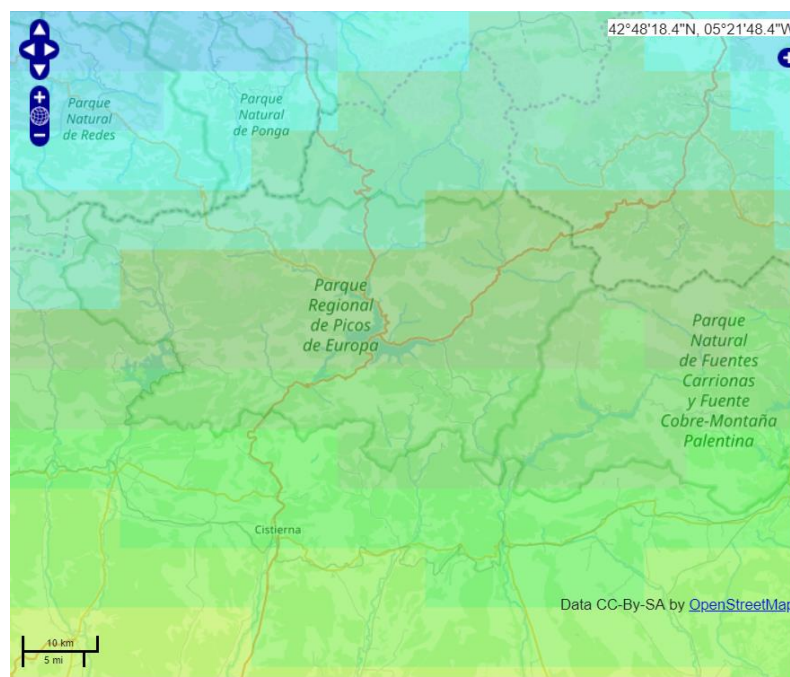
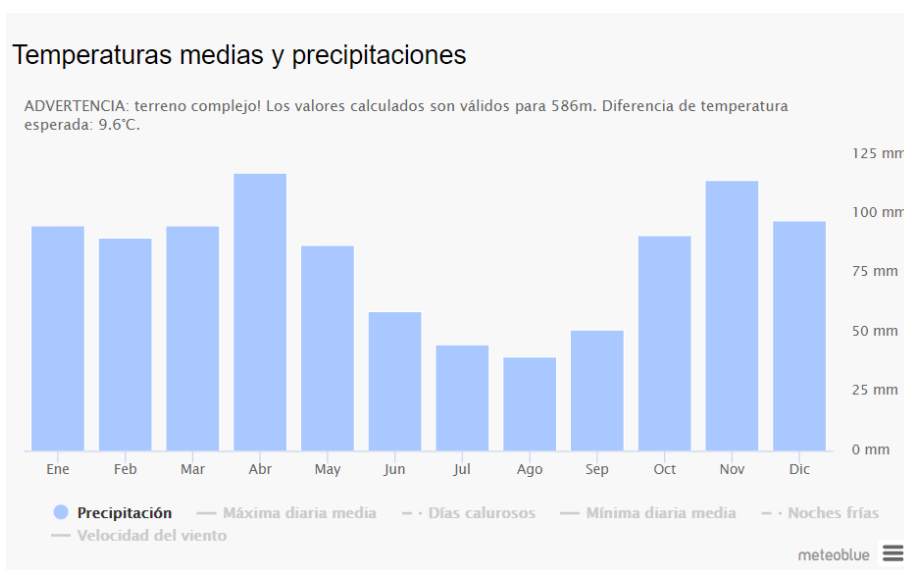


Ilustración 6.15: Mapa de radiación solar en Picos de Europa. FUENTE: ADRASE.

- Las precipitaciones suponen el principal aporte de agua como alimento indispensable para las plantas. El agua edáfica y la humedad atmosférica dependen de la cantidad y distribución de precipitaciones. En los Picos de Europa se da un clima templado húmedo de tipo Atlántico, confluyendo con

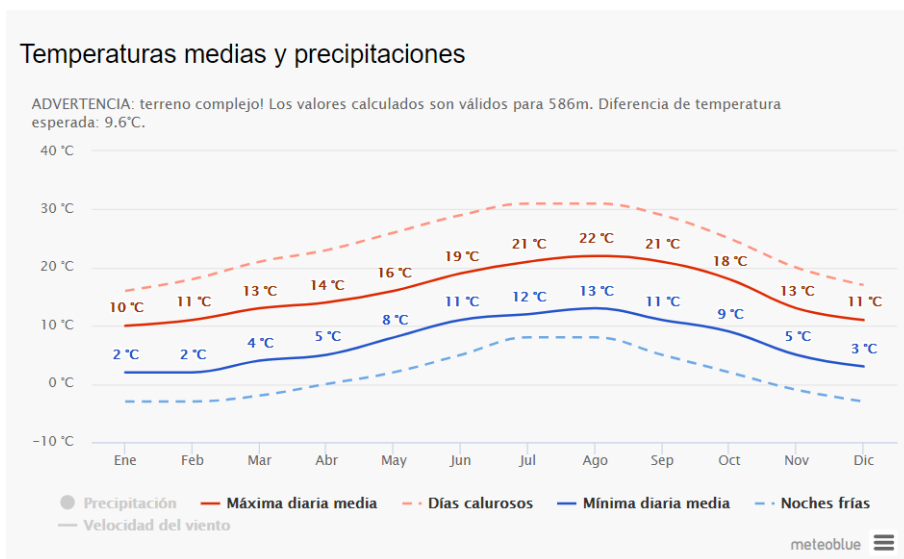
**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

Continental en la zona sur del Parque Natural. Siendo una zona que recibe anualmente mucho volumen de precipitaciones, es en la vertiente norte, más próxima al mar, donde más recaen actuando de barrera, con clima más templado. Son, por tanto, los Puertos de Áliva una zona más fría y con menos precipitaciones. Se sitúa entre el piso montano y subalpino, en los 1600 m.s.n.m.



Gráfica 6.5: Valores de precipitación en Picos de Europa. FUENTE: meteoblue

- La temperatura ambiente determina qué especies pueden soportar mejor los valores presentes en Picos de Europa, pues influye en el metabolismo celular, asimilación clorofílica y transpiración.



Gráfica 6.6: Valores de temperaturas en promedio. FUENTE: meteoblue

6.10.2. Factores topográficos que considerar

Debido a la situación de la Mina Las Mánforas, en una cuenca a casi 1600 m.s.n.m. bajo una línea de cumbres prominente como es la línea Peña Vieja – Juan de la Cuadra, los nutrientes provienen de zonas altas y se establece un suelo de manera más sencilla que en pendientes o zonas de gran extensión, junto a las precipitaciones de zonas altas que se concentran y por gravedad caen a la zona de la Mina. Esto se hace evidente con la situación de la Canal de Vidrio, que escupe como una canal glaciar todo tipo de vertido hacia la misma. A su vez, relacionado al punto anterior, las condiciones topográficas del terreno generan pequeños microclimas que son los responsables del desarrollo propio y particular de cada planta.

6.10.3. Análisis y solución para problemas del terreno por efecto de la Mina

Bajo la supervisión en todo momento del Manual de Restauración citado en numerosas ocasiones, se aporta aquí diferentes problemas originados por la presencia de la Mina Las Mánforas. [13]

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

Tabla 6.8: Tabla de problemas y tratamiento para la revegetación de la presa de residuos. FUENTE: Elaboración propia.

PROBLEMAS DEL SUSTRATO	TRATAMIENTO INMEDIATO
FÍSICOS	
Exceso de partículas o materiales gruesos	Aporte de elementos finos o materia orgánica
Capacidad de retención	Sembrar sp. Con raíces profundas que alcancen zonas de acumulación de agua
Demasiado suelto	Compactación, aporte de finos
Inestabilidad o erosión	Remodelado y sistema de drenaje
NUTRICIÓN	
Carencia de nitrógeno o nutrientes	Abonado y siembra de especies leguminosas
TOXICIDAD	
Exceso de metales pesados	Uso de mulch orgánico, cubierta inerte o cultivadores tolerantes.
Salinidad	Meteorización, riego, especies tolerantes
OTROS	
Exceso de polvo	Riegos periódicos

A través de fertilizantes se permite mejorar la situación del suelo y del propio entorno de la balsa, al contener nutrientes que mejoran la capacidad de retención del agua, mejora de drenaje, estabilidad superficial, germinación y emergencia de siembra. Pueden ser tanto orgánicos (abonos o residuos) como inorgánicos, a través de fertilizantes nitrogenados.

6.10.4. Selección de la especie vegetal

Una vez comprendida la situación posterior al período de actividad minera, la situación ambiental, objetivos y factores a tener en cuenta, es momento de elegir una especie vegetal para la cubierta. Esta es siempre determinada por los valores previos, y tomando el contexto que ocupa este trabajo, que por integración paisajística será la especie que ocupa todo el puerto de Áliva, pradería. Es bastante evidente que en un entorno calizo en el que apenas la pradería aguanta las condiciones ambientales en todas sus variables y ningún tipo de árbol o planta es capaz de resistir igual, quizá el Té del Puerto (*Sideritis hyssopifolia*), parece que el éxito de la revegetación pasa por la implantación de una cubierta vegetal que mimetice las características biológicas de su alrededor.

Para proceder a la recuperación, pueden establecerse una serie de facilidades en el proceso que permiten cumplir las exigencias de la especie vegetal que nos ocupa:

- Evitar el paso de vehículos por la presa de residuos.
- Realizar un estudio hidrogeológico pertinente e incluir sistema de drenaje para evitar el encharcamiento del suelo.
- Determinar la correcta profundidad a la que las raíces deben llegar conforme las plantas puedan vivir en sus condiciones óptimas.
- Aplicar lo más rápido posible la tierra vegetal que sirva de cubierta y mantener un buen nivel de nutrientes.

Dentro de las posibilidades que se presentan en la siembra de una especie vegetal, y considerando el hecho de que será un pasto común propio de la zona, la opción se reduce a formaciones herbáceas gramíneas, que son aquellas dedicadas a agrupaciones herbáceas, matas, para este tipo de uso potencial de suelo.

Se recuerda que a lo largo de este trabajo se ha formado la idea de revegetar la presa de residuos conforme a realizar una integración paisajística que permita recuperar un nivel determinado de calidad ambiental y solventar la problemática del desmantelamiento de la mina, siendo el propio desmantelamiento de las instalaciones parte presente en otro trabajo que deba realizarse conjunto a un estudio de las estructuras y la posibilidad de retirar todo el material.

6.10.5. *Brachypodium retusum* como opción definitiva

De entre todas las especies herbáceas gramíneas, la solución con mayor índice de efectividad es la *Brachypodium Retusum*, una especie vegetal que se da en hábitats de suelos margosos y presencia de rocas calcáreas, lo cual la hace idónea y respuesta para la solución de este ejercicio. Cumple con todos los condicionantes pues se da en España y, concretamente, es la reina presente en los puertos de Áliva por lo que supondría alimentar la cubierta vegetal de la flora correspondiente del entorno, realizando una completa integración paisajística y completando zonas sin presencia de pasto, lo que permite una mejor distribución del ganado y la posibilidad de retomar la situación de la presa de residuos a una anterior al proyecto de la instalación minera.

Otras opciones que se han barajado:

- *Kobresia myosuroides*, cuya presencia se da en la región alpina, por encima de los 1700 m.s.n.m. Por la propia altura, considerando más de cien metros de diferencia con algunos puntos de la futura cubierta, se ha desechado como opción, aunque puede potencialmente desarrollarse en el entorno.

TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA. PICOS DE EUROPA. CANTABRIA

- *Brachypodium pinnatum*, familia directa de la opción definitiva, pero con la problemática de que es indigesta para el pasto por su dureza, lo cual no la convierte en indicada para el plan que nos ocupa.

6.10.6. Implantación de la vegetación

Una vez establecida la opción para la cubierta, toca implantar la especie vegetal. Esta, la *Brachypodium retusum*, es una herbácea gramínea que generalmente se compra su semilla por su situación de pasto común. Por medio de una tierra vegetal es factible proceder a su plantación. Dicha tierra será transportada en camiones hasta la balsa de estériles donde se realizará el vertido de forma que cubra y aproveche el volumen ocupado por la misma, para la creación de un suelo que sirva para añadir la gramínea.

El método de plantación será manual, pues es el indicado para zonas con elevadas pendientes, en pequeñas superficies y terrenos compactables donde no es recomendable el uso de maquinaria. La presencia de los taludes del dique de 3:1 también llevan a elegir este tipo de plantación, debido a la dificultad de solventar los metros de altura con la maquinaria de plantación existente. Para su realización, se llevan a cabo perforadoras mecánicas transportadas en vehículos que generen hoyos donde colocar las semillas de suelo de forma que presenten un hueco de hoyo libre para la recepción de agua de lluvia o sistemas de riego si fuera necesario, lo cual no se supone en este caso por el volumen de precipitaciones. Considerando que se añade una tierra vegetal que haga de cubierta base donde sembrar, no se añaden materiales fertilizantes ni nutrientes que pudiesen resultar filtrados por los intersticios de los suelos pedregosos, como es la situación posible de sembrar directamente sobre la balsa. [4] [21]

Con un ojo puesto en los valores de temperaturas y precipitaciones en Picos de Europa, parece que lo más indicado es realizar dicha plantación durante el invierno, inclusive de octubre a abril, coincidiendo con el período establecido por Carney (1987). [13]

Siempre se tendrá en cuenta el entorno natural adyacente para la integración de la cubierta, resultando en la imitación en términos de densidad de plantación y separación.

La siembra que se quiere realizar tiene por objetivo implantar una cubierta vegetal de bajo crecimiento, restringiendo a la formación herbácea gramínea elegida, densa y capaz de soportar aquellos procesos erosivos y biológicos presentes en los Puertos de Áliva, junto al fin quizá más importante en términos de seguridad y valor ambiental, como es evitar el deslizamiento posible de la balsa de estériles. Gracias a dicha siembra, se conseguirá una integración paisajística y una revegetación en una zona que muy

posiblemente no recupere nunca su situación previa a la mano humana. Esta siempre consistirá en la siembra a voleo: [13]

- La siembra a voleo distribuye las semillas de forma irregular, aleatoria, y es un método sencillo y barato adecuado para terrenos difíciles como es la localización que nos ocupa y semillas principalmente pratenses. Se aplicará en varias direcciones y tandas para cubrir la superficie total con sembradora centrífuga mecánica, consistente en una tolva de distribución sobre tractor con una capacidad entre los 300 y 600 litros, permitiendo distribuir al mismo tiempo abonos que aporten nutrientes si fuera necesario. Se descarta la posibilidad de siembra aérea aleatoria por el encarecimiento en el presupuesto, pues es utilizada únicamente cuando no es superficie accesible para otros equipos o su pendiente tiene valores altos. Considerando también la posibilidad de hidrosiembra, aplicación a gran presión sobre el terreno de suspensión homogénea de agua y semillas con aditivos, se descarta por la necesidad que presenta de aplicación directa sobre suelo, lo cual altera la compactación o la tierra vegetal que se quiera añadir, junto a la necesidad de una fuente de agua continua abundante que no se da en la Mina Las Mánforas, pues la presencia del río Duje no deja de ser una afloración acuosa de pequeño volumen hasta unirse más adelante al río Cares.

6.10.7. Presupuestos generales

Como introducción a este apartado, dejar claro que los presupuestos son una estimación somera y no objeto de análisis en profundidad de este trabajo, aportando únicamente un valor puntual a los resultados generales del mismo. Cada empresa o en este caso el Parque, puede disponer de servicios más económicos y puede trabajar con otras empresas o método de trabajo.

Las semillas compradas deben proceder de empresas comerciales correctamente acreditadas, con etiquetas de información del grado de calidad y sacos sellados y cosidos. Para una superficie de balsa de 25521,18 m², lo cual supone prácticamente 2,6 Ha, la masa de semillas es de 150 Kg por Ha según Coppin y Bradshaw (1982), resultando en 390 Kilogramos de semillas. Con un precio medio entre diferentes distribuidores de 8 € el kilogramo, el precio total de las semillas asciende a 3120€. Las labores de siembra, preparación del terreno y posible mantillo oscilan entre los 10.000-15.000€ en espacios tipo vertederos de este número de hectáreas. [5]

En el caso de la cubierta vegetal será tierra vegetal común al ser la indicada para la creación de semilleros, descartando la turba debido a su elevado coste, pues es producida en países nórdicos generando gastos de transporte. Se considera no relevante cualquier tipo de fertilizante o abono, por los nutrientes y condiciones climáticas para la germinación de esta herbácea, vistas las matas adyacentes.

Para la cubierta con tierra vegetal, se planea añadir una capa de espesor de 15 centímetros, debido a la estabilidad de taludes y la condición de no deslizamiento, junto a la apenas necesaria cantidad de tierra vegetal para que una semilla de estas características se desarrolle. La situación deseada es, por tanto, añadir 3828,18 metros cúbicos de tierra vegetal, con camiones especiales de 10 metros cúbicos de caja, y a 200 euros estimados el precio del camión. Los precios son variables, la densidad no se conoce, y se trabaja en función de hectáreas o metros cúbicos a rellenar en perfiles transversales. Se suele combinar el gasto de tierra y movimiento de las mismas.

TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA. PICOS DE EUROPA. CANTABRIA

Un presupuesto estimado se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 6.9: Presupuesto estimado de revegetación. FUENTE: Elaboración propia.

ELEMENTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	COSTE TOTAL
SEMILLAS BRACHYPODIUM RETUSUM	KG	8	390	3120€
LABORES (PREPARACIÓN Y SIEMBRA)	HA	4500	2,6	11700€
TIERRA VEGETAL (RECOGIDA, ACOPIO, TRANSPORTE, DESCARGA, EXTENDIDO)	M3	200 / 10 M3	3828,18	76563,6€
TOTAL				91383,6€

7. CONCLUSIONES

7.1. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El trabajo se ha centrado en conocer el estado actual de la mina Las Mánforas, ubicada en el Macizo Central, en los Picos de Europa.

En este sentido, se ha realizado un exhaustivo estudio de la mina tanto desde el punto de vista histórico y su importancia en la minería de Cantabria, como de los restos que quedan de la minería de la zona (con especial atención a la balsa de estériles finos), así como de la problemática ambiental que en la actualidad causan estos restos mineros.

Por ello, el estudio se inicia con una intensa búsqueda de información tanto bibliográfica y documental como de consulta a mineros y vecinos de la zona, para continuar con la caracterización de la balsa de estériles finos que forma parte del paisaje de la zona y que no es natural, sino producto de la actividad del hombre.

En esta balsa se realizan varios ensayos de caracterización, se analiza la estabilidad de la misma según criterios determinados en el Manual de Restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería (1989), referencia bibliográfica que ha permitido conocer y poner en situación todos aquellos elementos y valores propios de las balsas y su problemática, referidos en este caso al volumen de estériles de la Mina Las Mánforas, así como se cubica para conocer su volumen y se hace un estudio sobre la viabilidad de restauración de la misma, planteando la alternativa de una revegetación con herbáceas gramíneas para lograr una integración paisajística y recuperar la situación ante proyecto.

Por ello, las conclusiones del trabajo son:

7.1.2. Respecto al valor histórico minero

La minería en los Picos de Europa fue uno de los eventos históricos más importantes de la zona. De la magnitud de esta industria dan fe los restos mineros que se conservan y que han pasado a formar parte de su paisaje, por lo que se debería plantear la posibilidad de una puesta en valor de este recurso minero, debido a suponer una zona de turismo activo en el Parque Nacional Picos de Europa y una de las fuentes de beneficio económico de todo el valle de Liébana. La manera en que se desmanteló la mina supuso una pérdida de patrimonio e interés turístico que quizá hoy convendría saber aprovechar.

7.1.3. Respecto al estudio de humedad

Del estudio de humedad inicial de la muestra, se concluye que las dos muestras con humedades más altas han sido la muestra nº2 y nº 4, ambas situadas en el entorno de afluencias de agua.

7.1.4. Respecto a los valores de densidad

Las densidades se encuentran dentro de los rangos de densidad de las calizas, superando ligeramente este valor la muestra número 3. Dicho valor puede deberse a la concentración de elementos más pesados en la muestra tomada.

7.1.5. Respecto a las granulometrías

Del estudio granulométrico se concluye que los valores predominantes en el dique están en el rango de 0,088 milímetros, que se corresponden con tamaños arenas medias a finas, con excepción de la 4 cuya granulometría no pudo comprobarse debido a la humedad.

7.1.6. Respecto a la retención de agua y porosidad

La muestra que presenta mayor porosidad, dentro de las ubicadas en la balsa, es la muestra 3. En la gráfica se comprueba que la porosidad del material de la balsa es directamente proporcional a la capacidad de retención del mismo.

La muestra 1 presenta la porosidad más baja, consecuencia en parte de su ubicación dentro del dique. Esta muestra es la que se encuentra en la zona más baja, por lo que es la que ha sufrido mayor compactación y sus granos están encajados unos con otros.

7.1.7. Respecto a la reacción con HCl diluido al 10%

En el tratamiento con HCl diluido al 10%, se aprecia claramente que la composición es CO_3Ca . A su vez, las muestras vistas al microscopio petrográfico corroboran esta composición y explican la ligera variación en densidad que presenta la muestra 3. En

esta muestra se aprecian algunos granos de color ámbar, que son de blenda acaramelada, pero en proporciones que no alcanzan el 0,01%.

7.1.8. Respecto al estudio con microscopio DINO LITE

Del estudio petrográfico, se concluye que además de contener una composición mayoritariamente de granos de calcita, existen ocasionalmente granos de blenda acaramelada y más abundantemente de caliza gris oscura de la formación caliza de montaña. Esto lleva a la conclusión de que el intenso olor a “huevos podridos” que presentan las muestras, se debe a la existencia de esta caliza que característicamente contiene materia orgánica.

7.1.9. Respecto al estudio cartográfico y la cubicación

Del estudio cartográfico y la cubicación, se concluye que la balsa ocupa en la actualidad una superficie de 25521,18 m² y que contiene 34070,75 m³ de material.

Se valoró la posibilidad de eliminar dicha balsa, pero debido a que se trata de un Parque Nacional, se optó mejor por la posibilidad de una restauración. El estudio de la situación de estabilidad del dique según el Manual de Restauración de terrenos y Evaluación de impactos ambientales en la minería pone de manifiesto que la balsa está perfectamente estable y que la mejor solución es restaurar la misma e integrarla en el paisaje.

Para ello, se realizó un estudio de revegetación concluyendo que se necesitan 3828,18 m³ de tierra vegetal más adecuada para la zona. El presupuesto total de esta restauración asciende a 91383,6€.

8. BIBLIOGRAFÍA

**TFG: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS. ÁLIVA.
PICOS DE EUROPA. CANTABRIA**

- [1] ASTM D 421-85 – *Practice for dry preparation of soil samples for particle-size analysis and determination of soil constants.*
- [2] AYALA, F.J y RODRIGUEZ, J.M. *Manual para el diseño y construcción de escombreras y presas de residuos mineros.* IGME, 1986.
- [3] BERGILLOS, J. M. y NIETO, M. G. *Evaluación empresarial de Proyectos Agrarios.* E. T. S. Ingenieros Agrónomos de Córdoba. Córdoba.
- [4] BRADSHAW, A. D. y CHADWICK, M. J. *The Restoration of Land.* Blackwell Scientific Publications. London. 1980.
- [5] BRADSHAW, A. D y COPPIN, N. J. *Quarry Reclamation.* Mining Journal Books, 1982.
- [6] BREÑA, A. y JACOBO, M.A. 2006. *Principios y fundamentos de la hidrología superficial.* En: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA. Disponible en:
- http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf
- [7] Revista BOCAMINA. 2006. Nº17. ISSN 000420784
- [8] ESCRIBANO, M^a DEL MILAGRO, et al: *El paisaje.* MOPU. 1987
- [9] GONZALEZ ALONSO, S., et al: *Directrices y Técnicas para la Estimación de Impactos.* ETSI de Montes. Madrid, 1983.
- [10] GREGERSEN, H. M., y CONTRERAS, A. H. *Análisis Económico de Proyectos Forestales.* FAO, Roma. 1980.
- [11] INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. 2010. *Guía Geológica PARQUE NACIONAL DE LOS PICOS DE EUROPA.* Oviedo: ADRADOS.

[12] LUQUE, C., GUTIÉRREZ, M. 2000. *La minería en los Picos de Europa*. Oviedo. ISBN: 84-95178-87-7

[13] INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. 1989. *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. Madrid: RIVADENEYRA.

[14] NLT – 101/72 – *Preparación de muestra para ensayos de suelos*.

[15] Norma UNE 103 100.

[16] Norma UNE 103-300-93.

[17] SÁNCHEZ, J. 1990. *Historia y guía geológico-minera de Cantabria*. Gijón. ISBN: 84-85429-97-4

[18] SANTOS, G. 2002. *Minería en el concejo de Espinama*. En: RETAZOS DE HISTORIA. Disponible en:

- <http://espinama.es/historia.html>

[19] SMARDON, S. R., et al (ed). : *Foundations for Visual Project Analysis*. Wiley-Interscience. 1986.

[20] SWEIGARD, R.J. y RAMANI, R. V. *Site Planning Process. Application to Land Use Potential Evaluation for Mined Land*. Mining Engineering. June. 1986.

[21] VOGEL, W. G. *A Manual for Training Reclamation, Inspectors in the Fundamental of Soils and Revegetation*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1987.

[22] WILLIAMSON, N. A. et al. *Mine Waste Reclamation*. Mining Journal Books, London. 1982.

9. PLANOS



